



Hinc patriam sustinet

Instituto Superior de Agronomia
Universidade Técnica de Lisboa

AVALIAÇÃO DO POTENCIAL ECOLÓGICO PARA A REALIZAÇÃO DE CULTURAS ENERGÉTICAS NA ZONA DE INFLUÊNCIA DO PERÍMETRO DE REGA DO ALQUEVA

Ana Rita Alves da Silva Bastião de Almeida

Dissertação para a obtenção do grau de mestre em
Engenharia Agrónómica – Agro-pecuária

Orientador: Doutor Pedro Jorge Cravo Aguiar Pinto

Júri:

Presidente: Doutor Pedro Augusto Lynce de Faria, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa.

Vogais: Doutor Pedro Jorge Cravo Aguiar Pinto, Professor Catedrático do Instituto Superior de Agronomia da Universidade Técnica de Lisboa;

Doutor Miguel de Castro Simões Ferreira Neto, Professor Auxiliar do Instituto Superior de Estatística e Gestão de Informação da Universidade Nova de Lisboa;

Doutor Jorge Manuel Barros de Almeida Gominho, na qualidade de especialista.

Lisboa, 2009

“Deixai o mundo um pouco melhor.”

Baden-Powell

Índice Geral

Índice Geral.....	i
Agradecimentos	iii
Resumo.....	iv
Abstract.....	v
Extended Abstract.....	vi
Índice de Figuras	viii
Índice de tabelas.....	x
Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas.....	xi
1. Alterações climáticas.....	1
1.1. O efeito de estufa e os GEE	1
1.2. Aumento do efeito de estufa e as alterações climáticas.....	3
1.3. Manifestação das alterações climáticas	7
2. A preocupação Global com as alterações climáticas.....	9
2.1. Posição da Organização das Nações Unidas.....	9
2.2. O Protocolo de Quioto.....	10
2.3. União Europeia	12
2.3.1. A questão da segurança energética, da dependência externa e das emissões de GEE na União Europeia	12
2.3.2. Consumo energético no sector dos transportes da UE.....	14
2.3.3. Os compromissos internacionais e a visão europeia no futuro do sector energético.....	15
2.4. Plano Nacional para as Alterações Climáticas	16
3. Modelos e cenários climáticos.....	18
3.1. O que são os Modelos climáticos	18
3.2. Os RCMs.....	19
3.3. Modelos climáticos e emissões de GEE – cenários de emissões.....	19
4. Biocombustíveis e culturas bioenergéticas	21
4.1. Bioenergias de origem vegetal em Portugal.....	21
4.1.1. Fontes energéticas de origem vegetal – culturas bioenergéticas	21
4.2. Utilização das culturas bioenergéticas para produção de electricidade, combustível e calor	21
5. Caso de estudo – Potencial de produção de culturas energéticas no Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva.....	23
5.1. Descrição das culturas em estudo.....	25
5.1.1. Salgueiro (<i>Salix</i> spp.)	25
5.1.2. Choupo (<i>Populus</i> spp.).....	26
5.1.3. Miscanthus (<i>Miscanthus x giganteus</i> Greef & Deu.)	28

5.1.4.	Cardo (<i>Cynara cardunculus</i> L.)	30
5.1.5.	Cana-do-reino (<i>Arundo donax</i> L.).....	31
5.1.6.	Painço (<i>Panicum virgatum</i> L.)	33
5.1.7.	Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.).....	34
5.1.8.	Erva Purgueira (<i>Jatropha curcas</i> L.).....	36
5.2.	SISAP.....	38
5.2.1.	Ferramenta de apoio à tomada de decisão.....	38
5.2.2.	Área de trabalho do SISAP	40
5.2.3.	Funcionamento do SISAP	40
6.	Resultados e discussão.....	57
	Salgueiro (<i>Salix</i> spp.)	57
	Choupo (<i>Populus</i> spp.).....	59
	Miscanthus (<i>Miscanthus x giganteus</i> Greef & Deu.)	60
	Cardo (<i>Cynara cardunculus</i> L.)	61
	Painço (<i>Panicum virgatum</i> L.)	64
	Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.).....	65
	Erva Purgueira (<i>Jatropha curcas</i> L.)	66
7.	Conclusões	68
8.	Referências Bibliográficas	I
ANEXOS		
ANEXO 1 – Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Salgueiro (<i>Salix</i> spp.)		
ANEXO 2 – Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Salgueiro (<i>Salix</i> spp.)		
ANEXO 3 – Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Choupo (<i>Populus</i> spp.)		
ANEXO 4 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Choupo (<i>Populus</i> spp.)		
ANEXO 5 - Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Miscanthus (<i>Miscanthus x giganteus</i> Greef & Deu.)		
ANEXO 6 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Miscanthus (<i>Miscanthus x giganteus</i> Greef & Deu.)		
ANEXO 7- Mapa de saída do SISAP_Regadio Cardo (<i>Cynara cardunculus</i> L.)		
ANEXO 8 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Cardo (<i>Cynara cardunculus</i> L.)		
ANEXO 9 - Mapa de saída do SISAP_Regadio para a Cana-do-reino (<i>Arundo donax</i> L.)		
ANEXO 10 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para a Cana-do-reino (<i>Arundo donax</i> L.)		
ANEXO 11 – Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Painço (<i>Panicum virgatum</i> L.)		
ANEXO 12 – Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para Painço (<i>Panicum virgatum</i> L.)		
ANEXO 13 – Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.)		
ANEXO 14 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.)		
ANEXO 15 - Mapa de saída do SISAP_Regadio para a Erva Purgueira (<i>Jatropha curcas</i> L.)		
ANEXO 16 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para a Erva Purgueira (<i>Jatropha curcas</i> L.)		

Agradecimentos

Ao Professor Doutor Aguiar Pinto, pela sua prontidão em aceitar acompanhar-me na fase final da minha dissertação, pela disponibilidade que sempre demonstrou, pelas críticas, sempre construtivas e sugestões que fez e por todo o apoio que me deu ao longo destes meses.

Ao Professor Pimentel, pela sugestão do tema, pelo apoio dado na fase inicial do trabalho, por todas ideias, textos e apoio dados e ainda pelas correcções feitas à parte inicial do trabalho.

Ao Engenheiro Miguel Tristany, pelos conhecimentos transmitidos de Arc Gis e do programa SISAP, pelo incansável apoio que me deu ao longo da realização deste trabalho, por tantas horas perdidas a cuidar das inúmeras avarias e problemas informáticos que foram surgindo, por todas as sugestões e troca de ideias, e por tantas outras conversas tão enriquecedoras que trocamos ao longo destes meses de trabalho.

À minha mãe, por ser um exemplo de força e coragem, e um alegria constante e contagiante. Sem ela não teria sido possível chegar aqui. Por ser sempre o meu “porto de abrigo”. Por ter sempre um conselho amigo. Por todo o apoio que me deu ao longo do curso e também nesta fase final que foi a realização desta dissertação.

Ao meu pai, à minha avó, ao meu irmão “Buda”, ao Pedro, e a toda a minha família, por estarem sempre do meu lado, por todo o apoio e interesse que sempre demonstraram ao longo deste trabalho.

À Inês, à Maria, ao João e ao Diogo, bons amigos que encontrei ao longo do meu percurso no ISA, por me terem apoiado e acompanhado nos bons e nos maus momentos da vida de estudante, e não só. A todos os outros amigos e colegas que o ISA e todos estes anos de faculdade me trouxeram. Sem eles, nada teria sido igual, ou teria o mesmo encanto.

Ao Luís, por tantas conversas, trocas de ideias, horas de ensino e aprendizagem, de surf e de amizade.

À minha patrulha, porque nos bons e nos maus momentos vivemos as quatro constantes e porque tenho a certeza que “levaremos o Guidismo mais longe que um olhar”. À Mariana, à Inês, à Nené e à Sara, amigas de muitos treinos, jogos, derrotas e vitórias, e de tantos outros bons momentos...Berro!

A todos, mais uma vez, o meu muito obrigada!

Resumo

As alterações climáticas, nomeadamente o aumento da temperatura média global, estão associadas ao aumento das emissões de gases com efeito de estufa (GEE) de origem antropogénica. O sector dos transportes é dos que mais contribui para a emissão de GEE. A utilização de biocombustíveis (combustíveis com origem em culturas energéticas) apresentam-se como uma solução, pois leva a menores emissões de GEE, relativamente à utilização de combustíveis fósseis.

O EFMA apresenta-se como uma área com potencial de desenvolvimento, relativamente às culturas energéticas, por se encontrar sob influência do perímetro de rega do Alqueva. Analisaram-se os requisitos edafo-climáticos de oito culturas: *Salix spp*, *Populus spp*, *Miscanthus x giganteus* Greef & Deu., *Cynara cardunculus* L., *Arundo donax* L., *Panicum virgatum* L., *Hibiscus cannabinus* L., e *Jatropha curcas* L.. Para determinar a aptidão cultural da área geográfica em estudo, na actualidade e também considerando um cenário de emissões futuro, foi utilizado o programa SISAP, que cruza dados edafo-climáticos locais com os requisitos de cada cultura.

Todas as culturas se apresentam como possíveis de realizar na área do EMFA com uma produtividade classificada de reduzida a moderada, sendo que o *Miscanthus x giganteus* é aquela para a qual a área em estudo tem maior aptidão.

Palavras-chave: alterações climáticas; gases de efeito de estufa; biocombustíveis; culturas energéticas; aptidão cultural; SISAP.

Abstract

Climate change, and the rise of global temperature, is associated with an increase in the emission of Green Houses Gases (GHG) of human origin. The transport sector is one of the highest contributors to these emissions. The use of bio fuels (made from energy crops), comes forward as a contributing solution, since it leads to globally lower emissions, when compared with the use of fossil fuels.

The Alqueva (Alentejo, Portugal) irrigation perimeters (built and projected) have a high potential to grow energy crops, as a basis of analysis, due to heat and water availability. The soil and weather requirements of eight cultures were analysed: *Salix spp*, *Populus spp*, *Miscanthus x giganteus*, *Cynara cardunculus* L., *Arundo donax* L., *Panicum virgatum* L., *Hibiscus cannabinus* L., e *Jatropha curcas* L.. To estimate ecological fitness, in present and in a future scenario, a system named SISAP, developed in ISA, was used. This program crosses the soil and weather requirements of crops with environmental data.

Results show that all the crops analyzed grow in the Alqueva areas, with reduced to average productivity. *Miscanthus x giganteus* seems to be the most interesting from an ecological standpoint.

Key-words: climate change; green house gases; bio fuels; energy crops; crop requirements; SISAP.

Extended Abstract

Climate change, and the rise of global temperature in particular, is associated with the increase in the emissions of GHG (Green Houses Gases) produced by human activity. Because the transport sector is one of the highest contributors to these emissions many political decisions are being taken in order to achieve the goals of the Kyoto Protocol.

Members of the European Union had agreed to reduce the emissions of GEE in 20% by 2020. The use of bio fuels (made from energy crops), comes forward as a contributing solution, since it leads to globally lower emissions when compared with the use of fossil fuels. To reach the Kyoto levels, the European Union had determined that the fuel used in the transport sector should have at least 10% of bio fuels, in every member country. Portugal, like any member country, must address this issue very seriously. One of the breakthroughs of the European Union legislation was the approval of the so-called "energy" crops for bio fuel.

There are a few models that can simulate climate data for the future. One of those is HadRM3, which generates temperature data, from emission scenarios data. The results of this model show an increase of temperature for the years to come.

The Alqueva (Alentejo, Portugal) irrigation perimeters (built and projected) have a high potential to grow energy crops, as a basis of analysis, due to heat and water availability. The soil and ecological requirements of eight cultures (*Salix spp*, *Populus spp*, *Miscanthus x giganteus*, *Cynara cardunculus* L., *Arundo donax* L., *Panicum virgatum* L., *Hibiscus cannabinus* L., e *Jatropha curcas* L.) were studied and carefully analysed. The ecological requirements studied were: temperature (minimum, maximum and average), frost tolerance, soil type, rain and water, as well as the growth period.

To estimate ecological fitness, in the present and in a future scenario, a system named SISAP, developed in ISA, was used. This program has been used in EDIA (Empresa de Desenvolvimento de Infraestruturas de Alqueva) since 2005, and has been very useful in the analysis of the crop in this area. This program crosses soil and weather requirements of crops with environmental data.

Results are presented in the form of maps and tables. Maps show the area painted in up to four colours - dark green (maximum aptitude), light green (medium aptitude), yellow (low aptitude) and red (no aptitude). The tables attached show the results (in hectares) corresponding to the visible areas.

The program was run for each of the crops, both for the present and future scenario. Results show that all the crops analyzed grow in the Alqueva areas, with reduced to average productivity. *Miscanthus x giganteus* seems to be the most interesting from an ecological standpoint.

When comparing the results for the "present" with the those for the future scenario, it's easy to understand that in the future, all the crops achieve higher productions, due to the higher temperatures. The only exception is Kenaf, where future brings the worst results (most of the area has no aptitude).

Índice de Figuras

Figura 1.1 - “Ilustração esquemática do sistema climático.”	2
Figura 1.2 - Concentrações atmosféricas de CO ₂ , CH ₄ e N ₂ O entre o 1000 e 2000.....	4
Figura 1.3 - Emissões globais de GEE de origem antropogénica entre 1970 e 2004.....	5
Figura 1.4 - Emissões globais de GEE de origem antropogénica, em 2004	6
Figura 1.5 – Fontes globais de emissões de CO ₂ (por sector de actividade), entre 1970 e 2004	6
Figura 1.6 – Anomalias da temperatura anual global do ar (°C) à superfície da parte emersa da Terra e do mar, entre 1961 e 2000, comparativamente ao valor médio do período entre 1961 e 1990. O erro anual é representado por uma barra	7
Figura 2.1 – Situação energética europeia (UE27): nível de dependência de importações, em 2004.....	12
Figura 2.2 – Dependência externa de petróleo por diferentes países europeus.....	13
Figura 2.3 – Evolução do preço do petróleo no período entre 1993 e 2005	14
Figura 2.4 – Total de emissões de GEE (%) provenientes da combustão de Fuel, na EU25 para o período 1990-2002	14
Figura 5.1 - Aspecto das folhas de <i>Salix</i> spp.....	26
Figura 5.2 - Plantação de <i>Salix</i> spp.	26
Figura 5.3 - Plantação de <i>Salix</i> spp..	26
Figura 5.4 - Colheita de <i>Salix</i> spp.	26
Figura 5.5 - Plantação de <i>Populus</i> spp., ainda jovem	27
Figura 5.6 - Aspecto de uma folha de <i>Populus</i> spp.	27
Figura 5.7 - Plantação de <i>Populus</i> spp.	27
Figura 5.8 - Plantação de <i>Miscanthus x giganteus</i>	28
Figura 5.9 - Colheita mecânica de <i>Miscanthus x giganteus</i>	28
Figura 5.10 - Plantação de <i>Cynara cardunculus</i> L.....	30
Figura 5.11 - Plantação de <i>Cynara cardunculus</i> L., pormenor da inflorescência.	30
Figura 5.12 - <i>Cynara cardunculus</i> L. no final do ciclo vegetativo, já seca, antes da colheita.....	30
Figura 5.13 – Plantação de <i>Arundo donax</i> L.....	32
Figura 5.14 - Plantação de <i>Arundo donax</i> L.	32
Figura 5.15 - Plantação de <i>Arundo donax</i> L.	32
Figura 5.16 - Plantação de <i>Panicum virgatum</i> L.	33
Figura 5.18 - Plantação de <i>Panicum virgatum</i> L.	33
Figura 5.19 Plantação de <i>Hibiscus cannabinus</i> L.....	34
Figura 5.20 - Plantação de <i>Hibiscus cannabinus</i> L.....	34
Figura 5.21 - Aspecto da flor de <i>Hibiscus cannabinus</i> L.....	35
Figura 5.22 - Colheita de <i>Hibiscus cannabinus</i> para uso da sua biomassa	35
Figura 5.23 - Plantação de <i>Jatropha curcas</i> L.	36

Figura 5.24 - Sementes de <i>Jatropha curcas</i> L.....	36
Figura 5.25- Exemplo de saída de um mapa do SISAP39	
Figura 5.26 - Área de actuação do SISAP e informação cadastral existente na EDIA.	40
Figura 5.27 – Área de influência do EMFA	40
Figura 5.28 - Formulário “FAMÍLIAS”	41
Figura 5.29 - Carta de Solos para o Bloco de Rega da Infraestrutura 12 (INF12).	42
Figura 5.30 - Exemplo do processo de cálculo de um perfil-tipo, a partir da definição dos seus horizontes	43
Figura 5.31 – Formulário “PADRÃO”	43
Figura 5.32 - Rede de estações climatológicas, com as respectivas áreas de influência.....	44
Figura 5.33 – Formulário “ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS”	45
Figura 5.34 – Exemplo de resultado da primeira etapa de tratamento dos dados climáticos (XCLIMA1).	46
Figura 5.35 – Exemplo de resultado da segunda etapa de tratamento de dados climáticos (XCLIMA2).	46
Figura 5.36 – Formulário “TECNOLOGIAS”	48
Figura 5.37 – Processo de tratamento das variáveis climáticas das culturas.	49
Figura 5.38 – Formulário de controlo do Cálculo de Aptidão.....	51

Índice de tabelas

Tabela 5.1 - Variáveis a definir para a caracterização dos horizontes dos solos.....	42
Tabela 5.2 - Variáveis climáticas a registar para cada estação climatológica.....	45
Tabela 5.3 – Variáveis existentes para caracterização das tecnologias	47
Tabela 5.4 – Correspondência entre as classes de textura (segundo o modelo do USDA) e os grupos texturais adoptados pelo SISAP	50
Tabela 5.5 – Recursos e Requisitos utilizados pelo modelo “M1”	52
Tabela 5.6 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para o Salgueiro (<i>Salix</i> spp.).....	54
Tabela 5.7 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para o Choupo (<i>Populus</i> spp.).....	54
Tabela 5.8 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para o Miscanthus (<i>Miscanthus x giganteus</i> Greef & Deu.)	55
Tabela 5.9 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para o Cardo (<i>Cynara cardunculus</i> L.) ...	55
Tabelas 5.10 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para a Cana-do-reino (<i>Arundo donax</i> L.)	55
Tabela 5.11 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para o Painço (<i>Panicum virgatum</i> L.) ...	55
Tabela 5.12 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para o Kenaf (<i>Hibiscus cannabinus</i> L.) ..	56
Tabela 5.13 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para a Erva Purgueira (<i>Jatropha curcas</i> L.)	56
Tabela 6.1 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Salgueiro.	57
Tabela 6.2 – Quadro resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Salgueiro.	58
Tabela 6.3 – Quadro resumo do SISAP_Regadio para o Choupo.	59
Tabela 6.4 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Choupo.....	59
Tabela 6.5 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Miscanthus.	60
Tabela 6.6 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Miscanthus.	60
Tabela 6.7 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Cardo.....	61
Tabela 6.8 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Cardo.....	62
Tabela 6.9 - Quadro-resumo SISAP_Regadio para a Cana.....	63
Tabela 6.10 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para a Cana-do-reino.	63
Tabela 6.11 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Painço.....	64
Tabela 6.12 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Painço.	65
Tabela 6.13 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Kenaf	65
Tabela 6.14 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Kenaf	66
Tabela 6.15 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para a Erva Purgueira	66
Tabela 6.16 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para a Erva Purgueira	67

Lista de abreviaturas, acrónimos e siglas

AGCMs – *Atmospheric Global Circulation Models*

AOGCMs – *Atmospheric-Ocean Global Circulation Models*

CAP – Confederação dos Agricultores de Portugal

CEEETA - Centro de Estudos em Economia da Energia dos Transportes e Ambiente

CO₂-eq – equivalentes de CO₂

COP-1 - 1st *Conference of Parties*

COP-3 - 3th *Conference of Parties*

EDIA - Empresa de Desenvolvimento de Infra-estruturas do Alqueva

EFMA - Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva

EU – União Europeia

FAO – *Food and Agriculture Organization*

GCMs – *Global Circulation Models*

GEE - gases de efeito de estufa

IC – Projectos de Implementação Conjunta ao Abrigo do Protocolo de Quioto.

ICSU - *International Council of Scientific Unions*

IDRHA – Instituto de Desenvolvimento Rural e Hidráulica

IPCC - *Intergovernmental Panel for Climate Change*

MDL – Mecanismo de Desenvolvimento Limpo

MS – matéria seca

OCDE – Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Económico

ODS - Ozone-depleting substances

OGCMs – *Ocean Global Circulation Models*

PNAC - Plano Nacional para as Alterações Climáticas

PQ – Protocolo de Quioto

RCMs – *Regional Climate Models*

SIAM – Alterações Climáticas em Portugal: Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação

SISAP – Sistema de Apoio à Determinação da Aptidão Cultural

SRES – *Special Report on Emission Scenarios*

UNEP – *United Nations Environment Programme*

UNFCCC (CQNUAC) – United Nations Frame Convention on Climate Change (Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas)

WCP - *World Climate Programme*

WMO - *World Meteorological Organization*

1. Alterações climáticas

1.1.O efeito de estufa e os GEE

Brandão (2007), citando Hidore e Oliver (1993), afirma ser o efeito de estufa o que permite a existência de vida na Terra, pois se este não existisse, a temperatura média da Terra seria inferior à actual em 33°C.

Segundo a mesma autora, do total de radiação solar recebida no topo da atmosfera, radiação essencialmente de pequeno comprimento de onda, 31% é reflectido pelas nuvens e aerossóis, pela atmosfera e pela superfície terrestre; os restantes 69%, são absorvidos pela atmosfera e pela superfície da Terra – parte emersa e oceanos (citando Hidore e Oliver, 1993, Mearns, 2000, e Baede *et al.*, 2001).

Visto que a atmosfera é relativamente transparente à radiação de pequeno comprimento de onda, parte desta é absorvida pela superfície terrestre e posteriormente reemitida sob a forma de radiação de longo comprimento de onda (essencialmente radiação infravermelha). Por sua vez, esta radiação de longo comprimento de onda é, na sua maioria, absorvida pela atmosfera (da qual parte dos constituintes são absorventes selectivos para a radiação infravermelha).

A atmosfera absorve e emite à mesma taxa a radiação na região do infravermelho, mantendo um equilíbrio que impede o aquecimento contínuo da atmosfera. Assim, o aquecimento da superfície terrestre dá-se pela absorção da radiação solar e pela absorção da radiação infravermelha emitida pela atmosfera (Peixoto, 1987).

Por “efeito de estufa” entende-se o aquecimento que ocorre devido à absorção, pela atmosfera, de radiação emitida pela Terra, que em seguida é reemitida para a Terra. A quantidade de radiação que é absorvida pela atmosfera (e reemitida para a superfície terrestre) depende da sua constituição.

Os gases com efeito de estufa (GEE) são os componentes da atmosfera capazes de absorver eficientemente a radiação de longo comprimento de onda. Alguns ocorrem naturalmente na atmosfera, e de acordo com o UNEP¹ representam menos de 1% do total dos constituintes da atmosfera, sendo este valor suficiente para manter o equilíbrio dinâmico e o efeito de estufa naturais - o vapor de água, o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄), o óxido nitroso (N₂O) e o ozono (O₃).

Existem também os GEE denominados “gases industriais de vida longa”, os clorofluorcarbonetos halogenados (CFCs), os hidrofluorcarbonetos (HFCs), os hidroclorofluorcarbonetos (HCFCs), os perfluorcarbonetos (PFCs), o hexafluoreto de enxofre (SF₆), que não ocorrem naturalmente mas são o resultado da actividade humana.

¹ Climate Change Information kit, UNEP, 2003.

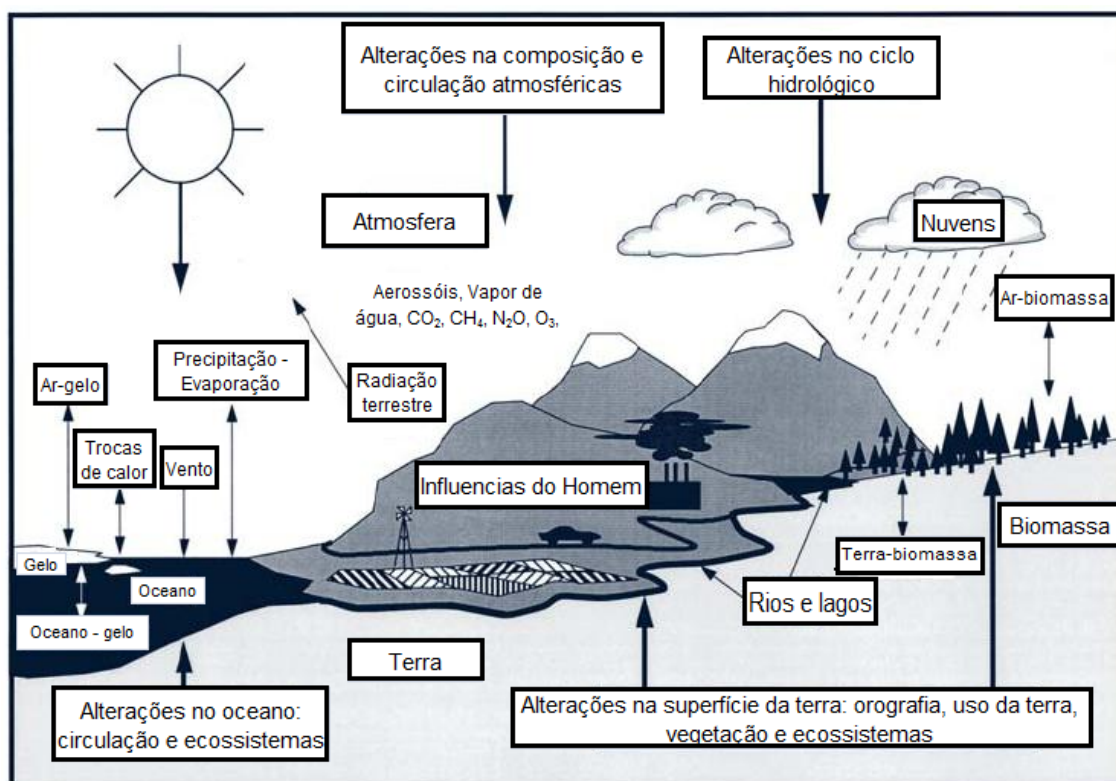


Figura 1.1 - "Ilustração esquemática do sistema climático." (Adaptado de UNEP, 2003).

O vapor de água é o GEE mais absorvente, devido à sua maior concentração e ao seu maior predomínio nas camadas da atmosfera mais próximas da superfície do solo, onde a emissão de radiação infravermelha terrestre é mais intensa (Peixoto, 1987; e *Commission on geosciences and environment and resources*, 2001, citados por Brandão, 2006).

O CO_2 é o gás mais abundante na atmosfera, podendo ter origem natural ou humana. Os processos naturais que resultam numa emissão de CO_2 para a atmosfera são, entre outros, a respiração, a combustão e a decomposição da matéria orgânica. As emissões devidas a actividades humanas são resultantes da oxidação do carbono orgânico dos combustíveis fósseis² e da alteração do uso do solo (desflorestação) e da queima de biomassa. É considerado o principal GEE emitido pelo homem.

O CH_4 tem um tempo de vida na atmosfera de apenas 12 anos, sendo porém mais eficiente como GEE do que o CO_2 . As suas emissões resultam principalmente da actividade agrícola (arrozais e fermentação digestiva nos polígástricos), de lixeiras e de fugas de minas de carvão e jazidas de gás natural, bem como da própria produção e distribuição de gás. A sua remoção da atmosfera acontece por reacções químicas (UNEP, 2003).

O N_2O é ainda mais eficiente que o CH_4 na absorção de radiação de longo comprimento de onda, sendo a sua remoção da atmosfera igualmente feita por reacções químicas. A sua emissão

² Carvão, petróleo e gás natural (UNEP, 2003).

resulta de causas naturais ou de actividades humanas – agricultura, pecuária, queima de biomassa e actividades industriais.

Os CFCs e os HCFCs são responsáveis pela remoção de O_3 da atmosfera, e por isso denominados ODS³. Os CFCs são extremamente eficazes como GEE, tendo uma vida útil na atmosfera de 100 anos e uma origem essencialmente antropogénica. Os PFCs e o SF_6 têm um tempo de residência muitíssimo mais longo e absorvem eficientemente a radiação infravermelha, sendo as emissões devidas à actividade humana muito superiores às de causas naturais (Brandão, 2007).

1.2.Aumento do efeito de estufa e as alterações climáticas

As alterações climáticas são uma realidade. O seu impacto é tão marcante que Pachuari (2007) as considera uma ameaça ao desenvolvimento, referindo mesmo que o abrandamento ou reversão da tendência actual de aquecimento global é o maior desafio tecnológico dos nossos tempos.

Segundo um esmagador consenso científico, é o forçamento radiativo⁴, provocado pelas emissões de origem antropogénica de GEE, e consequente aumento do efeito de estufa, a causa destas alterações (Figura 1.1) (Pachuari, 2007). Porém, a grande maioria das actividades humanas que implicam a emissão de GEE são essenciais para a economia mundial.

Neste momento, as emissões anuais de GEE estão a aumentar. No decorrer das últimas décadas subiram em média 1,6% ao ano⁵, com as emissões de CO_2 provenientes do uso de combustíveis fósseis a crescerem 1,9% ao ano. Estima-se que a concentração atmosférica actual do total dos GEE de vida longa, em equivalentes de CO_2 , seja de aproximadamente 455 ppm⁶ CO_2 -eq (455 ppm CO_2 -eq com um intervalo de variação entre 433 e 477 ppm CO_2 -eq) (IPCC, 2007b).

Os sectores de actividade que mais contribuem para este aumento das emissões de GEE são o dos transportes e o da energia (cujas emissões associadas aumentaram 120% e 145%, desde 1970, respectivamente). As emissões referentes ao uso da terra, alteração do uso da terra e floresta (LULUCF⁷) apresentam um aumento de 65% desde 1970, enquanto os sectores da agricultura e comércio/residencial apenas 40% e 26%, respectivamente.

³ Ozone-depleting substances - substâncias que removem o O_3 (IPCC, 2007b).

⁴ “Por forçamento radiativo entende-se o desequilíbrio da radiação líquida no topo da atmosfera. Num estado climático equilibrado, a média da radiação líquida no topo da atmosfera é zero todavia se houver uma alteração na radiação solar ou na radiação infravermelha haverá mudanças na radiação líquida (citando Baede et al, 2001). O forçamento radioactivo mede, em $W m^{-2}$, a capacidade de um determinado factor alterar o balanço entre as entradas e as saídas de energia no sistema Terra-atmosfera, sendo igualmente um índice da importância do factor como um mecanismo de potencial de alteração climática (citando IPCC, 2001b).” – Brandão, 2006. Este poderá ser positivo ou negativo, consoante conduza a um aumento ou a um arrefecimento da temperatura à superfície da terra, respectivamente.

⁵ Estima-se que desde 1970 as emissões totais de GEE, com origem antropogénica, tenham aumentado 70% (Figura 1.2).

⁶ Partes por milhão (10^6).

⁷ Land use, land-use change and forestry.

Ainda assim, no seu Quarto Relatório, o IPCC (*Intergovernmental Panel for Climate Change*) prevê que, a procura global de energia, associada ao uso dos combustíveis fósseis – maior fonte de emissão de GEE – continue a aumentar nos próximos anos. As projecções apontam para níveis de emissões globais de GEE que aumentarão entre 25% a 90% até 2030, quando comparadas com os registados em 2000 (IPCC, 2007b).

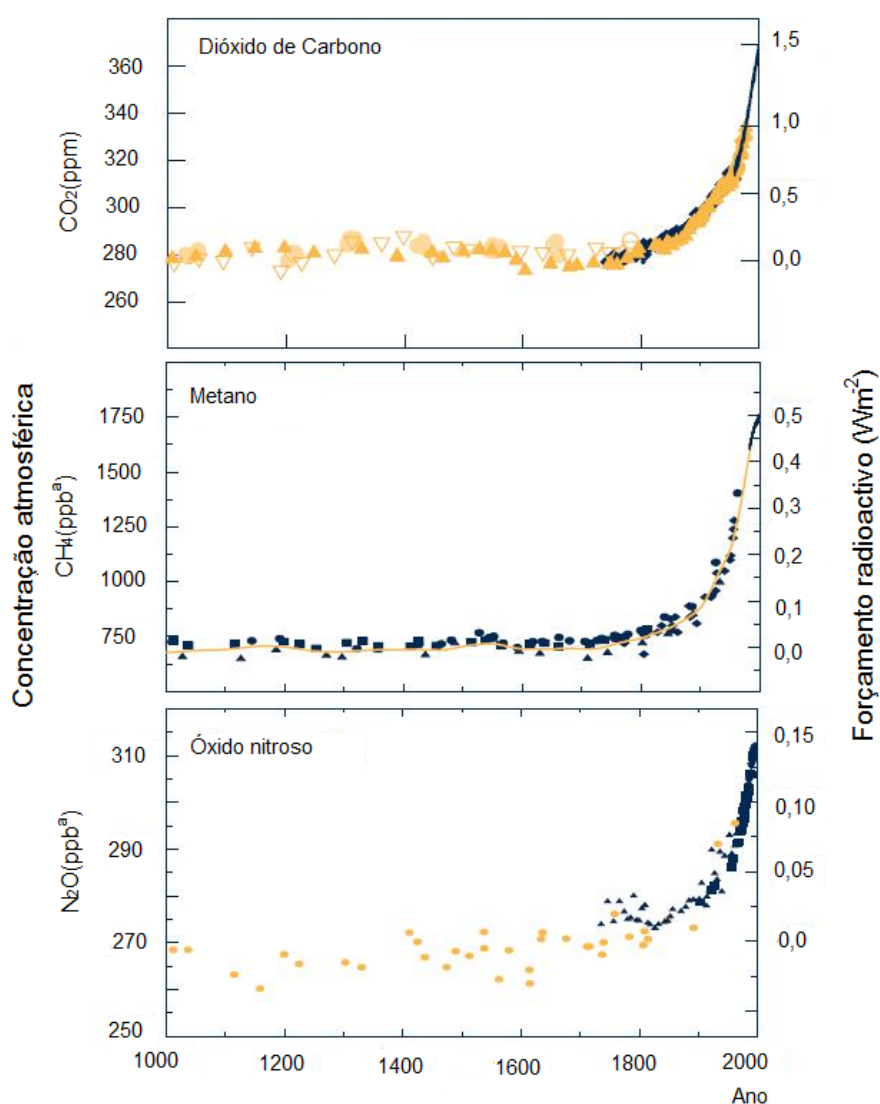


Figura 1.2 - Concentrações atmosféricas de CO_2 , CH_4 e N_2O entre o 1000 e 2000. (Adaptado de UNEP, 2003).

a) Partes por bilião (10^9).

Como foi referido anteriormente, o CO_2 é considerado o principal GEE emitido pelo homem, e como tal, é aquele que tem o maior contributo para o aumento do forçamento radiativo e consequentemente do efeito de estufa (Figura 1.2). As concentrações atmosféricas deste gás

aumentaram em 100 ppm, quando comparadas com os níveis pré-industriais (Figura 1.2), tendo atingido em 2005 valores na ordem das 379 ppm.

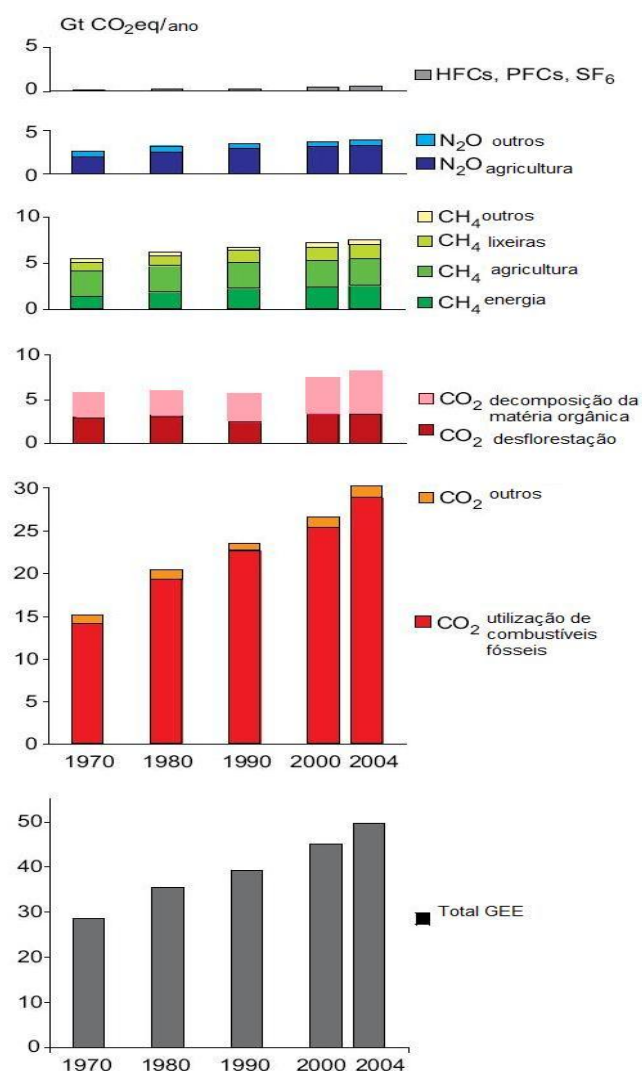


Figura 1.3 - Emissões globais de GEE de origem antropogénica entre 1970 e 2004. (Adaptado de IPCC, 2007b).

Na Figura 1.3 pode verificar-se que este representa quase 77% do total das emissões de GEE no ano de 2004. Os sectores com maior peso neste aumento dos níveis de emissões são os dos transportes (no seu conjunto) e da energia (Figura 1.4).

Por seu lado, as emissões de CH₄ aumentaram 40% desde 1970 (11% desde 1990). No entanto, a taxa de crescimento destas emissões manteve-se próxima do zero no período compreendido entre 1999 e 2005, o que ficou a dever-se a níveis de emissões que se mantiveram constantes durante o período considerado e que foram equivalentes à taxa de remoção de CH₄ da atmosfera. O IPCC prevê um aumento, até ao ano de 2030, de 8,1 a 10,3 Gt CO₂-eq, nas

concentrações atmosféricas de CH_4 (o que representa um aumento de 19-51%, quando comparadas com as concentrações atmosféricas deste gás no ano 2000).

As emissões de N_2O aumentaram 50% desde 1970 (11% desde 1990), o que se deve principalmente ao crescente uso de fertilizantes azotados (Figura1.1) (IPCC, 2007b). As emissões de origem industrial diminuíram.

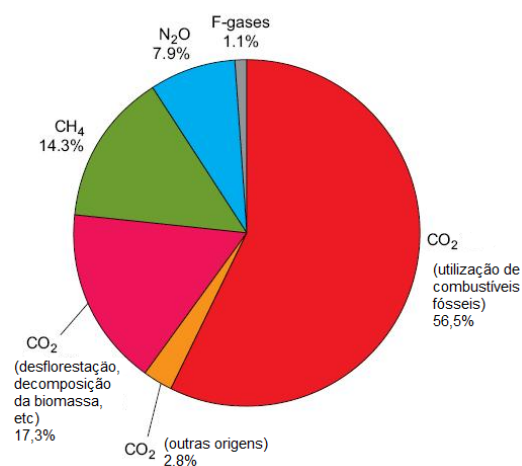


Figura 1.4 - Emissões globais de GEE de origem antropogénica, em 2004. (Adaptado de IPCC, 2007b).

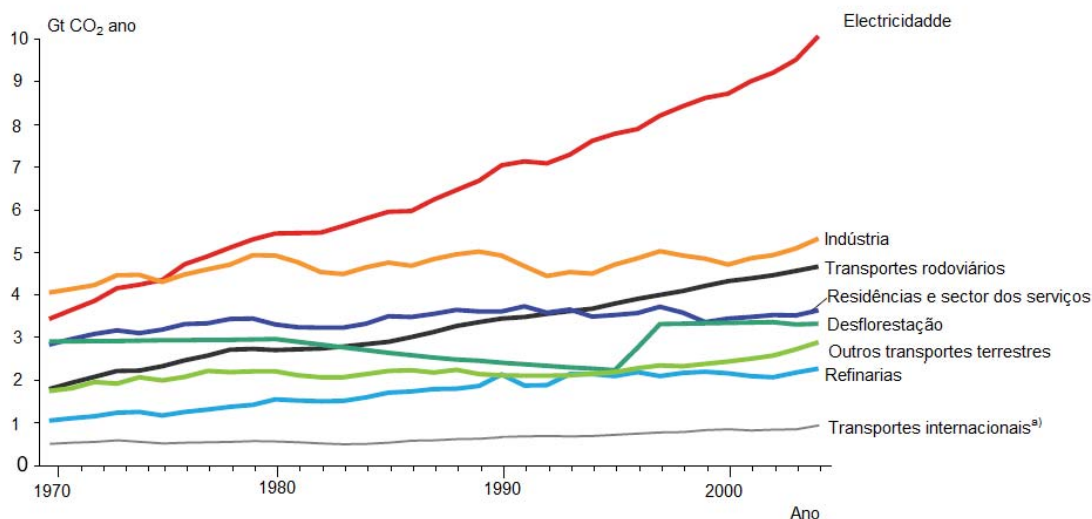


Figura 1.5 – Fontes globais de emissões de CO_2 (por sector de actividade), entre 1970 e 2004. (Adaptado de IPCC, 2007b).

Relativamente aos CFCs e HCFCs (e restantes ODS), tanto o seu uso como as emissões daí provenientes decresceram no período compreendido entre 1990 e 2004, devido à entrada em vigor

do Protocolo de Montreal⁸. Em 2004 as emissões de CFCs representavam apenas 1,1% do total das emissões de GEE.

No entanto, as emissões, concentrações e forçamento radiativo de HFCs, substitutos dos CFCs, têm vindo a mostrar um aumento (Brandão, 2007 e IPCC, 2007b). Assim, as emissões totais de gases com flúor estimam-se em 2,5 Gt CO₂-eq, com as de HFCs a representarem 0,4 Gt CO₂-eq.

Apesar das pequenas emissões de PFCs e SF₆, estes podem vir a alterar o clima no futuro próximo. (Albritton *et al.*, 2001, citado por Brandão, 2007).

Por outro lado, os aerossóis emitidos pelo homem para a atmosfera levam a um forçamento radiativo negativo, e logo a um arrefecimento. No entanto, o tempo de vida útil destes gases na atmosfera (uma semana ou mais), quando comparado com os longos períodos de permanência dos GEE, leva a que o arrefecimento seja apenas localizado e o aquecimento a nível global prevaleça.

1.3. Manifestação das alterações climáticas

De acordo com o IPCC, as emissões de GEE fizeram já aumentar em $0,6^{\circ}\pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ($0,6^{\circ}\text{C}$ num intervalo de variação entre $0,4^{\circ}\text{C}$ e $0,8^{\circ}\text{C}$) a temperatura média global desde o início da Revolução Industrial (séc. XIX) (Figura 1.4). Se nada se fizer, haverá um aumento de $1,4^{\circ}$ a $5,8^{\circ}\text{C}$, relativamente às temperaturas de 1990, até ao final do século XXI, o que terá consequências a nível económico e dos ecossistemas, já que este aumento da temperatura à superfície leva a uma série de alterações no sistema climático.

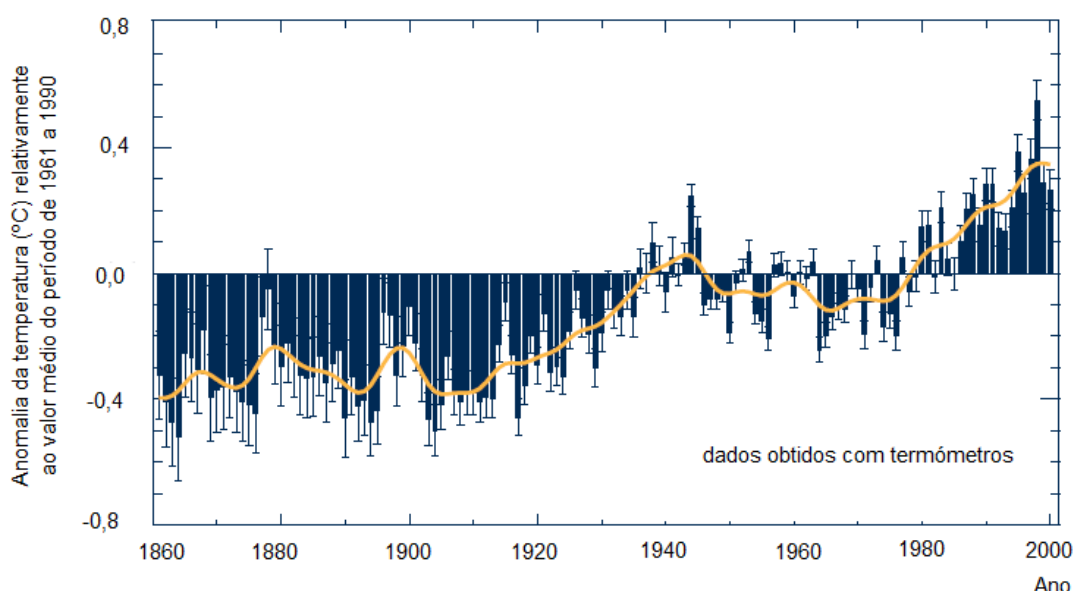


Figura 1.6 – Anomalias da temperatura anual global do ar (°C) à superfície da parte emersa da Terra e do mar, entre 1961 e 2000, comparativamente ao valor médio do período entre 1961 e 1990. O erro anual é representado por uma barra. (Adaptado de UNEP, 2003).

⁸ O Protocolo de Montreal foi ratificado em 1987 tendo com o objectivo estabilizar e reduzir as emissões dos gases ODS.

O aumento da temperatura conduz à expansão das camadas superiores dos oceanos, e também ao degelo dos glaciares e calotes polares. Estes dois fenómenos levam a que o nível médio das águas do mar suba. Os dados apontam para que, o nível médio do mar tenha experimentado uma subida média de 1,7 a 1,8 mm/ano, no decorrer do séc. XX, sendo que na última década esta variação foi de 3 mm/ano (IPCC, 2007a). Estima-se que a subida do nível do mar seja de 9 a 88 cm até ao ano 2100, o que poderá pôr em risco as regiões de altitude mais baixa e levar à alteração do desenho das linhas de costa.

Por outro lado, as zonas cobertas de neve diminuíram em cerca de 10% desde o fim da década de 1960 e princípio da década de 1970, nas médias e altas latitudes do Hemisfério Norte. Nestas regiões observou-se que, no decorrer do séc. XX, a duração do período anual em que os lagos e rios estão cobertos de gelo diminuiu em cerca de duas semanas. As calotes polares do Ártico sofreram reduções de 10 a 15% na sua extensão desde a década de 1950.

Também a precipitação tem sofrido alterações, no que se refere tanto à intensidade como à frequência com que ocorre, prevendo-se um aumento destes dois parâmetros a nível global, mas com respostas diferentes a nível regional e local.

De acordo com o Quarto Relatório do IPCC, a ocorrência de eventos extremos⁹, como ondas de calor (semelhantes a que se registou em 2003), precipitação intensa, transbordo do caudal dos rios e cheias daí provenientes, ciclones tropicais, tempestades intensas, secas severas, terá tendência a aumentar com o aumento da temperatura global.

No entanto, e apesar das muitas incertezas relativamente ao impacte futuro das alterações climáticas, uma coisa parece certa: a temperatura não responde de imediato às flutuações nas emissões de GEE, o que significa que uma vez estabilizadas as concentrações atmosféricas destes gases, a temperatura global irá estabilizar apenas após algumas décadas. Mais grave ainda é o facto de o nível médio das águas do mar continuar a subir durante séculos. No seu Quarto Relatório, o IPCC aponta a irreversibilidade como um aspecto importante das alterações climáticas. A resposta ao forçamento de origem antropogénica dificilmente será reversível numa escala temporal humana e muitas das alterações/danos causados poderão considerar-se irreversíveis mesmo numa escala de tempo mais alargada.

⁹ Segundo o IPCC, acontecimento extremo é um acontecimento raro, cuja ocorrência num mesmo local é espaçada cerca de 10 a 20 anos.

2. A preocupação Global com as alterações climáticas

2.1. Posição da Organização das Nações Unidas

A primeira vez que o mundo revela o seu interesse pela questão das alterações climáticas ocorre em 1972, quando se realiza, sob a alçada da Organização das Nações Unidas (ONU), a 1st *World Climate Conference*¹⁰, da qual resulta a declaração de Estocolmo.

No rescaldo desta, em 1979, os cientistas assumem a sua preocupação com as alterações climáticas em curso, deixando um primeiro alerta aos governos para prever e prevenir potenciais mudanças climáticas de origem antropogénica que pudessem por em risco o bem-estar da Humanidade. São então criados organismos próprios para acompanhar, estudar, discutir e encontrar soluções para este problema: *World Climate Programme* (WCP), *United Nations Environment Programme* (UNEP) e o *International Council of Scientific Unions* (ICSU).

O *International Panel on Climate Change* (IPCC) é constituído em 1988, sob a direcção do UNEP e do *World Meteorological Organization* (WMO), tendo como objectivos recolher toda a informação e conhecimento existente sobre o sistema climático e as alterações climáticas, prever quais os impactes ambientais, económicos e sociais destas bem como delinear as possíveis estratégias de resposta.

Na Cimeira da Terra, em 1992, Rio de Janeiro, é assinada a Convenção-Quadro das Nações Unidas para as Alterações Climáticas (CQNUAC) por 154 países, expressando a preocupação mundial relativamente a este tema e tendo em conta a necessidade de reunir esforços à escala mundial para combater o aquecimento global.

Neste tratado são indicadas as linhas de trabalho orientadoras, com o objectivo final de estabilizar as concentrações atmosféricas de GEE até um nível que possa prevenir a perigosa influência humana no sistema climático, permitindo aos ecossistemas adaptarem-se naturalmente às alterações climáticas, assegurar que a produção de comida não está ameaçada e permitir que o desenvolvimento económico progrida de forma sustentável.

O acordo confere responsabilidades comuns, mas diferenciadas aos vários estados assinantes consoante o seu grau de desenvolvimento. Os países desenvolvidos devem então liderar o combate face às alterações climáticas, e os restantes países promover o desenvolvimento sustentável. Definem-se alguns compromissos concretos segundo os quais as Partes¹¹ devem:

- Adoptar programas nacionais para mitigar as alterações climáticas e desenvolver de estratégias de adaptação aos impactes que estas possam causar;
- Cooperar com as restantes Partes em matérias científicas, técnicas e sociais;

¹⁰ Primeira Conferência Mundial sobre o Clima.

¹¹ Parte da CQNUAC corresponde a cada um dos estados representados na Convenção.

- Desenvolver uma gestão sustentável, conservação e aumento dos sumidouros e reservatórios de carbono (florestas e oceanos);
- Promover a educação e reconhecimento público da gravidade do problema;
- Incluir a questão das alterações climáticas nas principais políticas sociais, económicas e ambientais.

Os países industrializados ficam ainda comprometidos a adoptar políticas e medidas específicas para reduzir as emissões de GEE até aos níveis de 1990, no ano 2000.

A CQNUAC, ratificada em 1994, alerta ainda para o facto de que a falta de total certeza científica não deve ser entrave à execução de medidas que visem antecipar, prevenir ou minimizar as causas das alterações climáticas e mitigar os seus efeitos desfavoráveis.

Na COP-1¹² (Berlim, 1995) os governos reúnem-se pela primeira vez depois da assinatura da CQNUAC, acordando as Partes que a definição de novos compromissos, para o período posterior ao ano 2000 é um imperativo para o cumprimento dos objectivos da Convenção.

Nesse contexto, em Dezembro de 1997, durante a COP-3¹³, é adoptado o Protocolo de Quioto, objecto de discussão e de sucessivas melhorias durante as Conferências que se seguem.

2.2. O Protocolo de Quioto

Segundo o Artigo 3 do Protocolo de Quioto (PQ), os países incluídos no Anexo I¹⁴ devem, individualmente ou em conjunto, assegurar que as emissões de origem antropogénica dos GEE presentes no Anexo A¹⁵ não excedam os valores que lhes são atribuídos, com o objectivo global de reduzir as emissões dos supracitados GEE em pelo menos 5% comparativamente aos níveis de 1990, para o período entre 2008-2012. As Partes que assim o desejem podem utilizar 1995 como ano de referência para as emissões de HFCs, de PFCs e de SF₆.

Para além disso, o Anexo A do PQ identifica quais as fontes e quais os sumidouros que devem ser considerados pelas Partes para o cálculo das limitações e/ou reduções das emissões (UNFCCC, 1998).

O mais tardar um ano antes do primeiro período de compromissos, as Partes signatárias do Protocolo devem criar um sistema nacional de estimativa das emissões de origem antropogénica, e também da absorção pelos sumidouros de todos os gases com efeito de estufa não regulamentados no Protocolo de Montreal (Artigo 5 do PQ).

¹² 1st Conference of Parties, reunião das Partes assinantes da CQNUAC.

¹³ 3th Conference of Parties, reunião das Partes assinantes da CQNUAC.

¹⁴ Países incluídos no Anexo I da CQNUAC, corresponde aos países da OCDE e países da Europa Central e de Leste.

¹⁵ O Anexo A do PQ indica 6 GEE: dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), óxido nitroso (N₂O), HFCs, PFCs e SF₆.

A assinatura deste Protocolo constitui um importante passo em frente na luta contra o aquecimento global, pois contém objectivos vinculativos e quantificados¹⁶ de limitação e redução dos gases com efeito de estufa.

Para a realização desses objectivos, o Protocolo propõe meios de reforço e/ou criação de políticas nacionais de redução das emissões (aumento da eficiência energética, promoção de formas sustentáveis de agricultura, desenvolvimento das fontes renováveis de energia, etc.).

De acordo com Coelho (2007a), o Protocolo pressupõe que a redução das emissões produz o mesmo efeito independentemente do local onde forem efectuadas, possibilitando às Partes uma certa flexibilidade no estabelecimento de medidas para o cálculo e a redução das emissões.

As Partes incluídas no Anexo I do Protocolo ficam assim possibilitadas de realizar entre si os acordos que achem mais convenientes de forma a atingirem os compromissos assumidos. Por outro lado, caso as Partes não consigam cumprir com os limites e/ou reduções das emissões de GEE estabelecidas, estas serão individualmente responsabilizadas por tal, com aplicação de sanções.

Foram criados três mecanismos para auxiliar as Partes no cumprimento dos objectivos apontados:

- O Artigo 12 do PQ apresenta a criação do Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), ao abrigo do qual, cada parte incluída no Anexo I pode adquirir Certificados de Redução de Emissões, com vista a cumprir as suas obrigações de limitação e/ou redução das emissões de GEE. Tais certificados podem ser obtidos através da realização de projectos (para a promoção do desenvolvimento sustentável) em países não incluídos no Anexo I, desde que sejam obtidas reduções adicionais às que ocorreriam na sua ausência.
- Os Projectos de Implementação Conjunta (IC) permitem às Partes que assim o desejem financiar projectos com vista à redução das emissões de uma outra Parte, e assim obter Unidades de Redução de Emissões.
- Por último, o Sistema de Comércio de Emissões permite a transacção de licenças de emissão entre as Partes incluídas no anexo I. O objectivo é possibilitar que as Partes que ultrapassem os seus objectivos de limitação e/ou redução das emissões, garantam, ainda assim, o cumprimento do PQ, comprando direitos de emissão às Partes que efectuem reduções superiores aos limites fixados.

É de assinalar que o Protocolo de Quioto entrou em vigor, a 16 de Fevereiro de 2005, na sequência da deposição dos instrumentos de ratificação por 55 países, representando um mínimo de 55% das emissões totais de dióxido de carbono das Partes.

¹⁶ O Anexo B do PQ apresenta os compromissos quantificados assumidos pelas Partes.

2.3. União Europeia

A União Europeia (UE) tem de enfrentar actualmente grandes desafios no domínio da energia, tanto em termos de sustentabilidade e de controlo das emissões de GEE, como no que respeita à segurança do abastecimento e à dependência das importações e estabilização dos preços

2.3.1.A questão da segurança energética, da dependência externa e das emissões de GEE na União Europeia

Dados incluídos no Livro Verde¹⁷ (2006), apontam para um crescente aumento da procura global de energia, aumento esse que será de aproximadamente 60% até 2030 (relativamente aos valores recolhidos à data).

Ainda de acordo com o Livro Verde (2006), a dependência das importações também está aumentar, e se nada se fizer para tornar a produção interna de energia mais competitiva nos próximos 20 a 30 anos, 70% – contra os actuais 50% – das necessidades energéticas da UE serão cobertas por produtos importados, alguns deles provenientes de regiões ameaçadas pela insegurança.

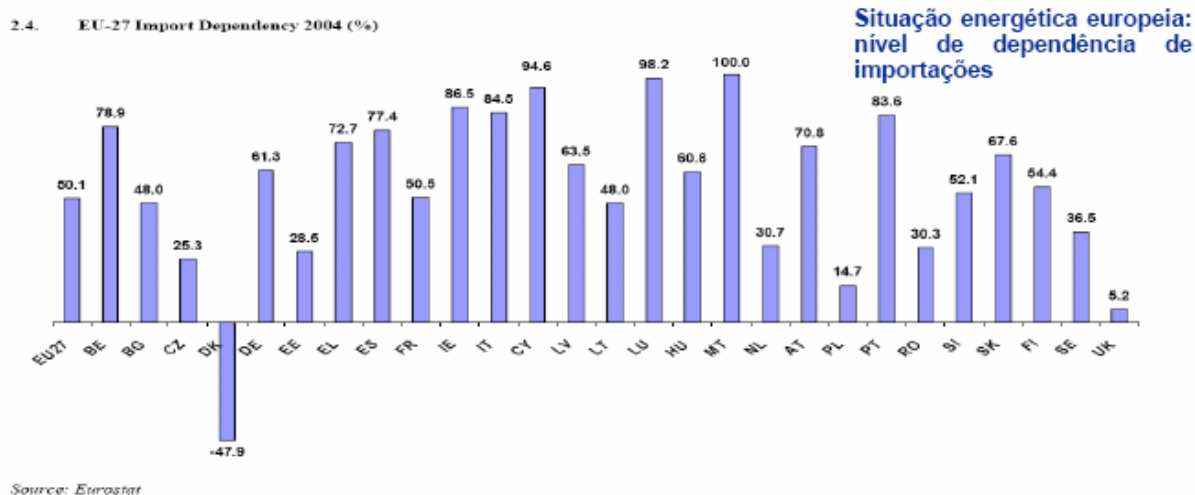


Figura 2.1 – Situação energética europeia (UE27): nível de dependência de importações, em 2004. Fonte: Eurostat. (Adaptado de CAP, 2007)

¹⁷ Livro Verde da União Europeia, revisão de 2006.

Outro factor a salientar é facto de estes serem produtos provenientes de reservas limitadas, e que estão concentradas num pequeno número de países.

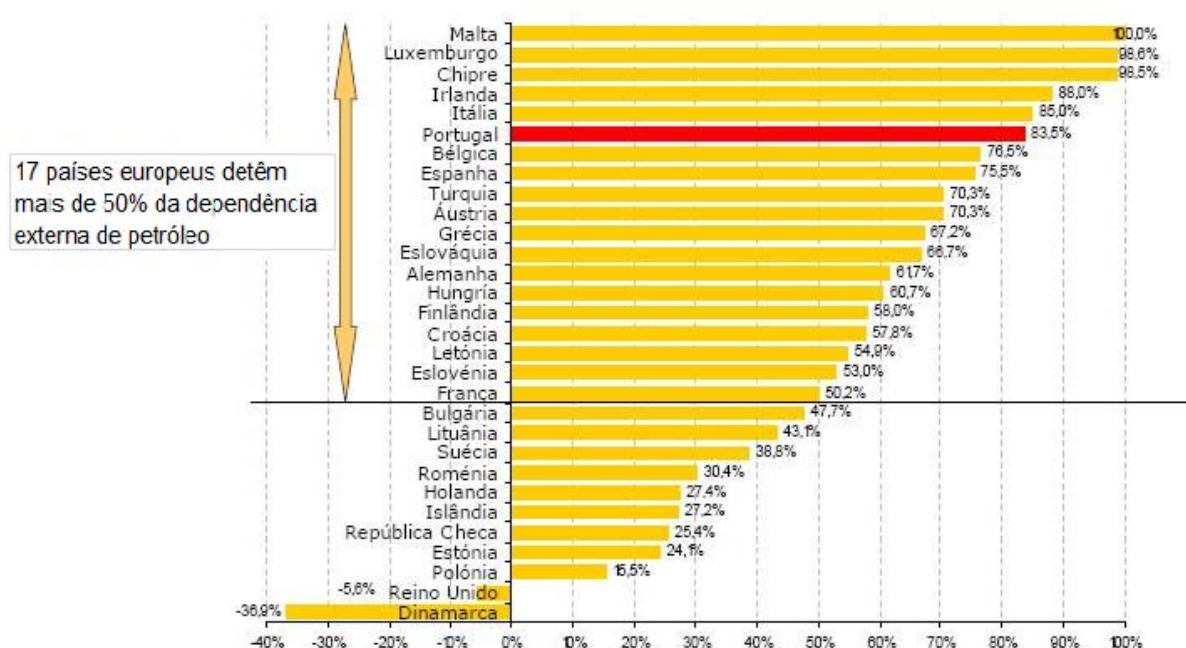


Figura 2.2 – Dependência externa de petróleo por diferentes países europeus. Fonte: DGEG. (Adaptado de Gírio, 2008).

Por outro lado, o consumo global de petróleo aumentou 20% desde 1994 e prevê-se que continue a aumentar a uma taxa de 1,6% ao ano (cerca de 1,2 milhões de barris diários, no final de 2008). Actualmente cerca de 71% do petróleo utilizado na UE é importado (sendo 39% para uso no sector dos transportes). Se até 2030 nada se fizer, 90% do petróleo consumido na UE poderá ser importado (CAP, 2007).

Quanto a preços, 2008 foi um ano de recordes: em meados deste ano o preço do barril de *Brent*¹⁸ havia duplicado em relação ao valor de 12 meses atrás¹⁹, tendo atingido no início do segundo semestre um máximo perto dos 150 dólares/barril. Dos vários factores que contribuem para a complexa questão do preço do petróleo, Sousa (2008) salienta que:

- Nos últimos anos assistiu-se a um aumento do custo marginal de produção do barril de petróleo;
- Desde os anos 70 que não se assiste a uma descoberta de um grande campo petrolífero (capacidade de produção superior a um milhão de barris por dia) e cerca de 1/5 da produção provem de explorações com mais de 40 anos. O declínio de produção destas explorações faz com que cerca de 2/3 das novas descobertas sirvam para repor os níveis de produção;

¹⁸ Brent – crude referência para a Europa.

¹⁹ Relativamente a Maio de 2008.

- A situação política conturbada que se vive em alguns países produtores limita os investimentos no desenvolvimento da produção.”



Figura 2.3 – Evolução do preço do petróleo no período entre 1993 e 2005. (Adaptado de Coelho, 2007b)

2.3.2. Consumo energético no sector dos transportes da UE

O sector dos transportes rodoviários é o responsável por mais de 30% do consumo final de energia na UE, contribuindo para um aumento crescente, e muito rápido, das emissões de GEE (actualmente cerca de 21% das emissões totais de GEE) que, em termos globais, se situa nas 2,5tonC/ano.

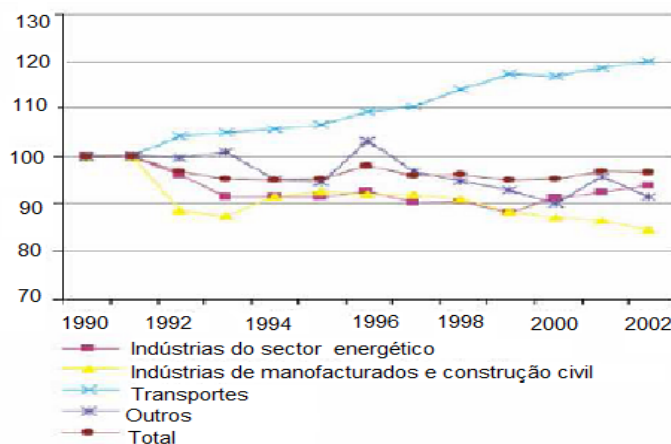


Figura 2.4 – Total de emissões de GEE (%) provenientes da combustão de Fuel, na EU25 para o período 1990-2002. O ano de 1990 é tomado como a referência, que corresponde ao índice 100. (Adaptado de Gírio, 2008)

Este sector de actividade é também responsável por grande parte do consumo de petróleo, sendo elevadíssimo o grau de dependência desta matéria-prima: cerca de 98%.

2.3.3. Os compromissos internacionais e a visão europeia no futuro do sector energético

Em 31 de Maio de 2002 a União Europeia ratificou o Protocolo de Quioto, ao abrigo do qual os Estados-Membros²⁰ obrigados a uma redução conjunta de emissões de GEE em 8% no período compreendido entre 2008 e 2012 (UE, 2002).

Atendendo aos compromissos assumidos com a assinatura do PQ, a UE definiu, em 2003, uma meta orientadora (não obrigatória) de incorporação de 5,75% de biocombustíveis (biodiesel e bioetanol) nos combustíveis comuns (gasóleo e gasolina) até 2010.

Já no Conselho Europeu da Primavera em Março de 2007 (UE, 2007), a UE definiu a chamada estratégia 20-20-20 com três objectivos concretos:

- Um objectivo unilateral de reduzir as suas emissões de gases de efeito de estufa em 20%, até 2020, em relação aos níveis de 1990.
- Um objectivo vinculativo de aumento do nível de energias renováveis no conjunto da UE em 20% (será necessário um crescimento das energias renováveis nos três sectores da electricidade, transportes e aquecimento/arrefecimento);
- Uma redução de 20% do consumo energético da UE até 2020.

No referido Conselho Europeu, foi ainda definida uma medida importante, no âmbito de um plano de acção sobre a política energética: uma meta mínima vinculativa de 10% de incorporação de biocombustíveis no consumo total de gasolina e gasóleo destinados ao transporte até 2020.

²⁰ Estados membros da EU.

2.4. Plano Nacional para as Alterações Climáticas

De acordo com o Protocolo de Quioto, Portugal comprometeu-se a não ultrapassar o limite de +27% de crescimento das emissões de GEE (fixadas na base do registado em 1990) em 2010.

Em Portugal, como nos restantes países europeus, existem dois Planos e um Fundo essenciais nesta área: O Plano Nacional de Alterações Climáticas (PNAC), o Plano Nacional de Atribuição de Licenças de Emissão (PNALE) e o Fundo Nacional de Carbono (FNC). Basicamente, podemos afirmar que o PNAC define as metas e as medidas gerais em matéria de redução dos GEE tendo em conta o cumprimento do Protocolo de Quioto; o PNALE estabelece as quantidades e o modo como serão distribuídas anualmente as licenças de emissão pelas cerca de 250 instalações industriais abrangidas; o FNC destina-se ao financiamento de projectos (IC e MDL) e medidas adicionais que assegurem o cumprimento das metas nacionais.

O Plano Nacional para as Alterações Climáticas, designado por PNAC 2004, aprovado pela Resolução de Conselho de Ministros n.º 119/2004, de 31 de Julho, apresenta-se como um instrumento de política do Governo que suporta o cumprimento do Protocolo de Quioto (PQ) pelo estado português.

Na sua revisão de 2006, o designado PNAC 2006, avaliou-se o compromisso de Portugal face ao primeiro período de cumprimento do Protocolo de Quioto, tendo em consideração a actualização da informação subjacente àquela Resolução de Conselho de Ministros, em particular a de natureza macroeconómica, e de políticas e medidas com impacto no balanço nacional de emissões de gases com efeito de estufa (GEE). Nesse documento são sistematizadas estimativas de projecção de emissões de GEE para as diversas parcelas do balanço nacional líquido de emissões de GEE geradas no território nacional para o ano de 2010 (assumido como ano médio do período 2008 a 2012).

Segundo o relatório síntese do Plano Nacional para as Alterações Climáticas (2006), *“a componente emissão/remoção de CO₂-eq resultante das actividades de Florestação, Reflorestação e Desflorestação, nos termos do n.º 3 do artigo 3.º do PQ, de contabilização obrigatória, representa um sequestro de 3.355 GgCO₂-eq em 2010, o balanço nacional líquido de emissões de GEE em 2010 é estimado em 84.608 GgCO₂-eq”* (PNAC, 2006).

Este valor, comparado com a quantidade atribuída (QA=77.194 GgCO₂e/ano), configura uma distância de cerca de 7.414 GgCO₂e/ano relativamente ao objectivo do primeiro período de cumprimento de Quioto. De acordo com o Relatório Síntese do Plano Nacional para as Alterações Climáticas (2006), a nível nacional, os sectores de actividade que mais contribuem para o balanço nacional das emissões de GEE são o dos transportes (responsável pelo consumo final de 30% da energia na UE e 36% a nível nacional) a oferta de energia e a indústria.

O potencial de redução de emissões de GEE decorrente de um conjunto de políticas e medidas adicionais (incluindo as actividades de Gestão Florestal, de Gestão Agrícola e de Gestão de Pastagens, nos termos do n.º 4 do artigo 3.º do PQ, a que Portugal decidiu recorrer) é avaliado em 3.687 GgCO₂e, o que coloca Portugal em situação de aproximação da QA, continuando, no entanto, 5% acima desse valor. Apura-se assim um défice de emissões de GEE para cumprimento de 3.727 GgCO₂e/ano.

Este défice pode ser suprido, em proporções a definir, por dois tipos de medidas: maiores reduções às instalações abrangidas pelo CELE e uso dos mecanismos de flexibilidade do Protocolo de Quioto.

No Plano Nacional para as Alterações Climáticas, a aplicação da Directiva dos Biocombustíveis constitui uma das medidas para atingir os compromissos assumidos. Prevê-se que por esta via se reduza as emissões de GEE em 1,5 Mt de CO₂-eq.

3. Modelos e cenários climáticos

3.1. O que são os Modelos climáticos

De uma forma generalizada, um modelo consiste numa representação simplificada da realidade. Esta representação tem como objectivo ajudar a compreender e interpretar a própria realidade e, em alguns casos, obter simulações de possíveis cenários futuros.

Segundo Brandão (2007), um modelo climático constitui uma representação numérica do sistema climático (incluindo as suas cinco componentes principais e as suas respectivas interacções²¹), que têm como base as *“propriedades físicas, químicas e biológicas das componentes do referido sistema, os processos de interacção e de retroalimentação entre essas componentes e, ainda, todas ou parte das conhecidas propriedades do sistema”*.

De acordo com o IPCC, os modelos de circulação global (GCMs) surgem como modelos que representam matematicamente, e a três dimensões, os processos responsáveis pelo clima, baseando-se *“em equações da dinâmica da atmosfera e da energia e ainda em informação relativa às condições de fronteira²² e iniciais”*, e descrevendo a distribuição a nível global da temperatura, vento, nebulosidade e precipitação (Mearns, 2000; Brandão, 2007, citando Peixoto 1987). Estes podem ser utilizados para compreender e mesmo prever o clima futuro.

Albriton *et al* (2001) afirmam que os modelos climáticos globais em que os oceanos e a atmosfera estão acoplados se denominam modelos de circulação geral atmosfera-oceano (AOGCMs), e que deles fazem parte os modelos de circulação geral atmosférica (AGCMs), oceânicos (OGCMs), modelos do gelo do mar e modelos da superfície emersa da Terra.

Os modelos climáticos que realizam projecções do clima futuro, apesar das incertezas e imperfeições²³ que lhes estão inerentes, têm vindo a sofrer evoluções e melhorias ao longo do tempo, no que respeita tanto à resolução espacial como também ao nível da parametrização, etc., e, podem hoje ser considerados uma ferramenta de trabalho útil em agricultura (Tuck *et al*, 2006; Brandão, 2007).

²¹ “As componentes são: a atmosfera; a hidrosfera; a criosfera; a parte emersa da Terra; a biosfera. O sistema evolui sob a acção das suas dinâmicas internas e de forçamentos externos (ex: erupções vulcânicas e forçamentos induzidos pelo homem).” Brandão (2007), citando IPCC.

²² As equações, que caracterizam as condições de fronteira das características geográficas mais relevantes da Terra e os seus parâmetros mais importantes, representam um conjunto de processos físicos como a radiação, transferência turbulenta na interface da superfície do solo e da atmosfera (camada-limite), a formação de nuvens e a condensação.

²³ Os modelos climáticos apresentam ainda algumas limitações no que respeita à representação de alguns processos, como as nuvens; pela simplificação de processos hidrológicos, etc.

3.2. Os RCMs

A resolução espacial dos *GCMs* é, geralmente, de 300 km na horizontal, o que pode constituir um problema quando se pretende analisar zonas de dimensão inferior à da malha do modelo. Nestes casos, e para ultrapassar essa dificuldade de resolução espacial, utilizam-se os modelos climáticos regionais (*RCMs*).

Os *RCMs*, apresentam uma escala na ordem das dezenas de quilómetros. A topografia tem uma maior definição o que leva a uma melhor e mais rigorosa modelação dos processos atmosféricos que resultam das assimetrias oceanos/superfícies, e também daqueles que estão relacionados com a topografia. Assim, os resultados obtidos são mais pormenorizados.

3.3. Modelos climáticos e emissões de GEE – cenários de emissões

Sendo a emissão de GEE, e consequente acumulação na atmosfera, um factor determinante no aumento de efeito de estufa, quando se pretende obter uma simulação do clima futuro (cenário climático futuro), utilizando um *GCM*, deve-se escolher um cenário que considere igualmente a evolução potencial das emissões de GEE.

Os cenários de emissões assentam num “conjunto de pressupostos sobre as forças motrizes como o desenvolvimento demográfico e sócio-económico e a mudança tecnológica, e nas suas conexões”, que podem influenciar a evolução das emissões dos compostos responsáveis pelo forçamento radiativo. Foi com base nestes elementos, que o *IPCC* construiu uma série de possíveis cenários de emissões que publicou no relatório especial de cenários de emissões, o *SRES (Special Report on Emission Scenarios)*. No entanto, é importante salientar que os cenários de emissões devem ser vistos como imagens do futuro ou possíveis imagens, e não como previsões ou prognósticos. A partir destes cenários de emissões é possível chegar também a cenários de concentrações, que servem de dados de entrada nos modelos climáticos acima referidos.

Os *SRES* compreendem 4 famílias de cenários: A1, A2, B1 e B2; que correspondem a um total de 40 cenários, dos quais quatro são designados por marcadores, por serem característicos das quatro famílias. Existem mais dois cenários ilustrativos (*Illustrative scenarios*), seleccionados dos grupos A1FI e A1T da família A1. Em conjunto, os quatro cenários marcadores e os dois cenários ilustrativo “*abarcam a maior parte das emissões e das forças motrizes do total dos cenários*” (Brandão, 2007 citando *IPCC* 2002).

No Relatório Especial para os Cenários de Emissões (*Special Report on Emissions Scenarios*), o *IPCC* alerta para o facto de que não existe um cenário mais provável do que os outros e, como tal, quando se pretende fazer uma análise/simulação devem-se utilizar cenários de mais do que uma família.

De acordo com Brandão (2007), Miranda *et al.* (2006), no âmbito do SIAM II²⁴, analisaram a projecção futura da evolução da temperatura e precipitação para a Península Ibérica, obtida com vários GCMs que utilizaram os cenários de emissão SRES. Estes investigadores concluíram que:

- Os GCMs projectam um aumento de temperatura entre 2°C e 8,6°C, relativamente à temperatura média do período de 1961 e 1990, para a maioria dos modelos²⁵;
- A tendência da precipitação anual, simulada pelo modelo HadCM3²⁶, na parte Oeste da Península, varia consoante o cenário de emissões considerado, sendo que o cenário que corresponde a maiores emissões (A1FI), é aquele que apresenta uma maior tendência futura de decréscimo da precipitação.
- Também relativamente à precipitação, as projecções obtidas com os vários modelos apresentam diferenças semelhantes para o período de 1961 e 1990 e o período de 2070 e 2099, para cada um dos três pontos em análise (Norte, Centro e Sul do Oeste da Península Ibérica), sendo que o Centro é o que apresenta maior decréscimo.

O mesmo grupo de trabalho analisou as projecções de temperatura e precipitação obtidas com o modelo regional HadRM3 para a série de controlo A2c e também para a média de três simulações de futuro A2a, A2b e A2c.

Assim, concluíram que para o futuro, o modelo regional HadRM3 projecta para o cenário SRES A2 um aumento da temperatura mínima e máxima em todas as estações do ano, sendo os acréscimos mais acentuados no Verão, na zona Norte e Centro. Relativamente a precipitação, o modelo HadRM3 projecta um decréscimo, com reduções superiores a 30% no Sul do país, e entre 10 e 30% no Norte e Centro. No entanto, a projecção aponta para um aumento da precipitação durante o Inverno.

Neste trabalho foram utilizadas as projecções de temperatura (máximas, mínimas e média), e precipitação geradas pelo HadRM3, para simular o clima futuro.

²⁴ Projecto SIAM – Alterações Climáticas em Portugal: Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação.

²⁵ Note-se que a diferença entre a temperatura actual e a futura registadas dependem dos cenários utilizados, sendo que os cenários mais extremos, aqueles com maiores emissões de CO₂, apresentam uma maior incerteza na projecção da evolução da temperatura.

²⁶ HadCM3 é um modelo regional, do *Hadley Centre*.

4. Biocombustíveis e culturas bioenergéticas

A utilização de biocombustíveis conduz a menores emissões de GEE, relativamente aos combustíveis fósseis, pode contribuir de forma eficaz para o cumprimento dos compromissos do Protocolo de Quioto e das metas estabelecidas pela UE.

4.1. Bioenergias de origem vegetal em Portugal

4.1.1. Fontes energéticas de origem vegetal – culturas bioenergéticas

Através da fotossíntese, as plantas captam energia solar e transformam-na em energia química. Esta pode ser convertida em várias formas de energia: electricidade, combustível ou calor. As fontes orgânicas que são usadas para produzir energias usando este processo são chamadas de biomassa.

De acordo com Baião (2004), culturas energéticas são aquelas destinadas à produção de produtos energéticos, nomeadamente biocombustíveis, energia eléctrica e energia térmica produzida a partir de biomassa.

4.2. Utilização das culturas bioenergéticas para produção de electricidade, combustível e calor

Segundo o Portal das Energias Renováveis, podem considerar-se várias fontes energéticas de origem natural:

- Biomassa sólida;
- Biocombustíveis gasosos;
- Biocombustíveis líquidos.

Biomassa sólida – tem como fonte os produtos e resíduos da agricultura (incluindo substâncias vegetais e animais), os resíduos da floresta e das indústrias conexas e a fracção biodegradável dos resíduos industriais e urbanos.

O processo de conversão da biomassa em energia inicia-se pela recolha dos vários resíduos de que é composta, seguido do transporte até aos locais de consumo. As tecnologias de aproveitamento do potencial da biomassa sólida passam essencialmente pela queima em centrais

térmicas ou centrais de cogeração²⁷ para a produção de energia eléctrica e de água quente, ou ainda a queima directa²⁸ (combustão) em lareiras (lenha) para a produção directa de calor.

Biocombustíveis gasosos (Biogás) - tem origem nos efluentes agro-pecuários, da agro-indústria e urbanos (lamas das estações de tratamento dos efluentes domésticos) e ainda nos aterros de RSU (Resíduos Sólidos Urbanos).

O biogás resulta da degradação biológica anaeróbia da matéria orgânica contida nos resíduos anteriormente referidos e é constituído por uma mistura de metano (CH₄) em percentagens que variam entre os 50% e os 70% sendo o restante essencialmente CO₂.

Biocombustíveis líquidos – existe uma série de biocombustíveis líquidos com potencial de utilização, todos com origem em culturas energéticas, de entre os quais se destacam:

- o Biodiesel (éster metílico), obtido a partir de oleaginosas como a colza, a soja ou o girassol, através de um processo químico chamado transesterificação²⁹.
- o Bioetanol – produzido a partir da fermentação de hidratos de carbono³⁰ (açúcar, amido, celulose), com origem em culturas com a cana-de-açúcar, a batata ou o trigo, ou por processos sintéticos.
- o Biometanol – os processos de produção mais comuns são de síntese a partir do gás natural, ou ainda a partir da madeira através de um processo de gaseificação³¹.

Os biocombustíveis podem ser utilizados na substituição total ou parcial dos combustíveis fósseis, para veículos motorizados, geradores, etc. A sua utilização, numa percentagem até 30%, é possível em motores de Diesel convencionais, sem alterações ao motor. Podendo ser utilizados com concentrações até 100% em motores especialmente preparados para o efeito.

No âmbito deste trabalho o interesse recai sobre as culturas energéticas destinadas à produção de biomassa, biodiesel e bioetanol.

²⁷ Cogeração - consiste no aproveitamento local do calor residual originado nos processos termodinâmicos de geração de energia eléctrica, que doutro forma seria desperdiçado. O aproveitamento pode dar-se sob a forma de vapor, água quente e/ou fria (trigeração), para uma aplicação secundária, que pode ou não estar ligada com o processo principal.

²⁸ Combustão ou queima directa - transformação da energia química do combustível em calor por meio das reacções dos elementos constituintes dos combustíveis com oxigénio (o ar ou o oxigénio são fornecidos além da quantidade estequiométrica).

²⁹ Transesterificação - processo químico que consiste na separação da glicerina dos óleos vegetais para a obtenção do biodiesel (éster metílico). O processo inicia-se juntando o óleo vegetal (éster de glicerina) com álcool metílico (ou metanol) e ainda um catalisador (Sódio ou Hidróxido de Potássio) para acelerar o processo. Após a reacção obtém-se a glicerina (subproduto muito utilizado na indústria farmacêutica, cosmética e alimentar) e o éster metílico ou Biodiesel.

³⁰ Fermentação - conversão anaeróbia de compostos orgânicos pela acção de microorganismos, em grande parte dos casos, da levedura *Saccharomyces cerevisiae*. No caso da fermentação alcoólica o substrato orgânico é a sacarose e os produtos são fundamentalmente o etanol e o dióxido de carbono.

³¹ Gaseificação - aquecimento da biomassa em presença de oxidante (ar ou O₂) em quantidades menores do que a estequiométrica, obtendo-se um gás combustível composto de CO, H₂, CH₄ e outros. Deste gás, utilizando-se catalisadores, pode-se obter o metanol.

5. Caso de estudo – Potencial de produção de culturas energéticas no Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva

Prevendo-se que as bioenergias sejam uma realidade económica a médio prazo, assume particular importância o estudo das culturas energéticas como fonte de matéria-prima para as diferentes cadeias de conversão bioenergética.

Interessa, neste contexto, investigar as características e técnicas culturais, de exploração e de transformação dessas mesmas culturas. Um dos aspectos fulcrais desta análise técnica é o do potencial de produção de matéria-prima, elemento fundamental para cativar investidores, produtores e transformadores, com o objectivo de ser criado um sistema de produção e aproveitamento de biomassa eficaz e à medida das necessidades portuguesas.

Por outro lado, serão de privilegiar, numa primeira fase, aquelas culturas que possam ser exemplos de matéria-prima para as três principais cadeias de conversão bioenergética (conversão termoquímica, produção de bioetanol e produção de biodiesel) e que, em simultâneo, se apresentem “a priori” como adaptadas às condições edafo-climáticas portuguesas; e também aquelas culturas que, não sendo usuais entre nós, apresentem elevado potencial (de conversão) energético e estejam já documentadas e em produção, com fins bioenergéticos, noutros pontos do globo e sobre as quais se pressupõe terem possibilidade de adaptação à realidade de Portugal.

Numa primeira fase foi identificado um conjunto de culturas relativamente alargado: espécies florestais de crescimento rápido – Salgueiro (*Salix spp*), Choupo (*Populus spp*) e Eucalipto (*Eucalyptus spp*); espécies herbáceas e arbustivas de produtividade elevada – Miscanthus (*Miscanthus spp.*), Cardo (*Cynara cardunculus*), Cana-do-reino (*Arundo donax*), Sorgo (*Sorghum spp.*), Painço (*Panicum virgatum* L.), Bambu (*Bambusoideae*) e Kenaf (*Hibiscus cannabinus spp.*), espécies oleaginosas – Soja (*Glycine max* Merr.), Colza (*Brassica napus* L.), Girassol (*Helianthus annuus* L.), Erva Purgueira (*Jatropha curcas*) e Palma (*Elaeis guineensis* Jacq.); espécies produtoras de amido e/ou açúcares – Milho (*Zea mays*), Trigo (*Triticum aestivum* L.), Cevada (*Hordeum vulgare* L.) Beterraba (*Beta vulgaris* L.), Batata (*Solanum tuberosum* L.) e Cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). A partir deste conjunto foram tratadas apenas as que se considerou razoável tendo em vista o processamento de dados envolvido, como se verá adiante.

A escolha da área geográfica estudada neste trabalho - Empreendimento de Fins Múltiplos de Alqueva (EFMA) – deve-se ao enorme potencial de desenvolvimento que esta apresenta, no que respeita às culturas energéticas. Tal facto justifica-se por se encontrar sob influência do perímetro de rega do Alqueva, o que por si só potencia a produção, por ser uma região que tradicionalmente explora algumas das culturas que servem de base para a produção de bioetanol e de biodiesel (por exemplo o milho, o girassol ou os cereais de Outono-Inverno) e por se encontrar na proximidade de futuras unidades de produção de biocombustíveis, como é o caso da que se prevê vir a ser implementada, a curto prazo, em Sines (EDIA, 2008).

Neste âmbito aliás, foram já realizados diversos estudos³², e existem projectos a decorrer no sentido de tornar esta região numa área produtora de matéria-prima para biodiesel e bioetanol.

O objectivo central deste trabalho é o da determinação da aptidão agro-ecológica potencial para a realização de culturas bioenergéticas na área sob influência do EMFA.

A ideia deste trabalho surgiu numa confluência de interesses e oportunidades: (i) porque a EDIA - Empresa de Desenvolvimento de Infra-estruturas do Alqueva – possui uma base de informação bastante detalhada, em formato digital e georeferenciada, sobre os solos e o clima da região; (ii) conjuntamente com a Secção de Agricultura do Instituto Superior de Agronomia, pretende expandir e actualizar o seu Sistema de Apoio à Determinação da Aptidão Cultural (SISAP), para estas novas culturas energéticas.

³² O Projecto Biodiesel de Alqueva, um estudo desenvolvido pelo Centro de Estudos em Economia da Energia dos Transportes e Ambiente (CEEETA), em 2003, teve como objectivo avaliar a viabilidade técnica e ambiental da produção de biodiesel na área do EFMA.

5.1. Descrição das culturas em estudo

Dados a natureza e o tempo útil para a realização deste trabalho, decidiu-se centrar a atenção sobre as seguintes novas culturas a integrar no SISAP:

- Salgueiro (*Salix* spp.)
- Choupo (*Populus* spp.)
- Miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef & Deu.)
- Cardo (*Cynara cardunculus*)
- Cana-do-reino (*Arundo donax*)
- Painço (*Panicum virgatum* L.)
- Kenaf (*Hibiscus cannabinus* spp.)
- Erva Purgueira (*Jatropha curcas*)

5.1.1. Salgueiro (*Salix* spp.)

Árvore da família das *Salicaceae*, é originária das regiões temperadas do Hemisfério Norte. Tem folhas geralmente alternas, lanceoladas.

Apresenta uma vida produtiva de pelo menos 20 anos, podendo o primeiro corte ser realizado 4 a 6 anos após a plantação (altura em que já atingiu o seu potencial de produção de biomassa), e os seguintes com intervalos de 2-4 anos entre eles (Helby *et al*, 2006).

Cresce numa ampla gama de solos, desde texturas arenosas a argilosas, bem drenados a alagados. Prefere aqueles em que o pH que ronda os 6,5, mas pode crescer com sucesso em solos com pH entre 5,5 e 7,0. Relativamente tolerante à salinidade, e resistente à seca (Gilman e Watson, 1994; TSEC Biosys, 2008).

Necessita de pelo menos 600 mm de precipitação anual para atingir produções que facilmente rondam as 20 t/ha de MS (El Bassam, 1996; TSEC Biosys, 2008).



Figura 5.1 - Aspecto das folhas de *Salix* spp. Fonte: <http://www.biomatnet.org/secure/images/cas65c.gif>. Figura 5.2 - Plantação de *Salix* spp. Fonte: <http://environmentalresearchweb.org/cws/article/opinion/27514>



Figura 5.3 - Plantação de *Salix* spp.. Figura 5.4 - Colheita de *Salix* spp. Fonte: <http://www.backlund.dk/pileplantageE.htm>

5.1.2. Choupo (*Populus* spp.)

À semelhança do *Salix* spp, é uma planta pertencente à família das *Salicaceae*. Tem a sua origem nas regiões temperadas do Hemisfério Norte, vivendo a altitudes compreendidas entre o nível médio das águas do mar e os 1800 m, mas tendo preferência por altitudes entre os 1000 e os 1400 m (acima dos quais não regista produções tão elevadas) (Gunthart-Goerg, 2000; Calle e Gómez, 2008).

As suas raízes são profundas, podendo atingir 2 metros (Barnéound *et al*, 1982; USDA, 2001). Pode atingir uma altura de 20 m.

Obtêm-se melhores produções em solos profundos, férteis, bem drenados, de textura ligeira a média, desde areno-limosos a limosos (são de evitar solos de textura pesada, com deficiente drenagem, ou solos demasiados secos) (El Bassam, 1996; USDA, 2001; TSEC Biosys, 2008). O pH óptimo para o seu desenvolvimento será de ligeiramente ácido a neutro, encontrando-se em torno

dos 6,5-7,0. No entanto pode crescer em solos com pH que variem entre os 5,5 e os 8,0 (Barnéound et al, 1982; Duke, 1983; El Bassam, 1998; USDA, 2001; TSEC Biosys, 2008).

Pode sobreviver com temperaturas médias anuais que oscilem entre os 5°C e os 40°C, sendo a temperatura mais favorável ao seu crescimento entre os 15°C e os 25 °C (El Bassam, 1998, TSEC Biosys, 2008). Tal como o *Salix* spp, precisa de um mínimo de 600 mm anuais de precipitação para a obtenção de boas produções.

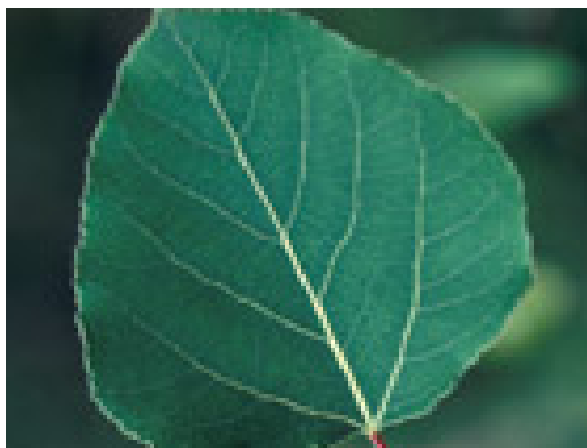


Figura 5.5 - Plantação de Populus spp., ainda jovem. Fonte: TSEC Biosys. Figura 5.6 - Aspecto de uma folha de Populus spp..
Fonte: <http://imfc.cfl.scf.rncan.gc.ca/arbre-tree/feuillus-deciduous/ronde-round-eng.html>.



Figura 5.7 - Plantação de Populus spp.. Fonte: <http://www.forestryimages.org/images/192x128/9000040.jpg>.

5.1.3. *Miscanthus* (*Miscanthus x giganteus* Greef & Deu.)

O género *Miscanthus* é originário do Sudeste Asiático, e pertence à família das Poáceas (Fernando e Oliveira, 2005). Foi introduzida na Europa no séc. XVIII sendo então utilizada como planta ornamental (Simões, 2006).

Clifton-Brown *et al* (2001), citando Greef e Deuter (1993 e 1997), afirma que o *Miscanthus x giganteus* Greef et Deu. é, provavelmente, um híbrido natural, de pólen estéril, resultante do cruzamento entre o *M. sinensis* e o *M. sacchariflorus*.

Planta lenhosa, perene, rizomatosa, que utiliza o mecanismo fotossintético em C₄ (El Bassam, 1996; Fernando e Oliveira, 2005; Bical, 2007). De crescimento rápido, possui elevados teores de lenhina e lignocelulose (El Bassam, 1996), e apresenta elevado potencial de produção de matéria seca (Bical, 2007). Uma vez instalada, pode permanecer no solo por longos períodos de 10 a 15 anos (Fernando e Oliveira, 2005; Simões, 2006) chegando, em alguns casos, a atingir os 20 anos (DEFRA, 2007).

Os caules são erectos, delgados, vigorosos e geralmente não ramificados e rígidos, semelhantes aos do Bambu, com cerca de 10 mm de diâmetro (El Bassam, 1996). As folhas herbáceas são normalmente caulinas, planas e lineares. As flores dispõem-se no topo do caule em ráculos abundantes, ao longo de um eixo central.

As raízes e os rizomas formam um sistema muito ramificado que se desenvolve até um metro de profundidade, sendo capazes de absorver grandes quantidades de água. Está bem adaptado a zonas alagadas, e em anos secos as suas raízes podem-se estender até ao lençol freático (Fernando e Oliveira, 2005).



Figura 5.8 - Plantação de *Miscanthus x giganteus*. Fonte: www.ifp.com. Figura 5.9 - Colheita mecânica de *Miscanthus x giganteus*. Fonte: www.wupperinst.org.

No primeiro ano, os caules podem atingir 2 m de altura, e uma vez instalada a cultura emergem anualmente a partir dos rizomas subterrâneos, atingindo alturas entre os 3 e os 4 metros. No primeiro ano é menor o crescimento da parte aérea, devido ao investimento que a planta faz no desenvolvimento dos rizomas e raízes. No entanto, e apesar de maior parte do crescimento subterrâneo se dar durante o primeiro ano, a planta não atinge a maturidade antes dos 3-4 anos (El Bassam, 1996; Fernando e Oliveira, 2005; Bical).

Mesmo sendo uma planta de climas quentes, mais eficiente em elevadas temperaturas e luminosidades altas, tem demonstrado bons resultados pela Europa (Sharma *et al*, 2004; Danalatos e Archontoulis, 2004; Elbersen *et al*, 2005; Danalatos, *et al*, 2007), onde os rizomas são normalmente plantados entre Março e Maio quando as temperaturas do solo são superiores a 10°-12°C (Čásová *et al*, 2003; Fernando e Oliveira, 2005, Simões, 2006). No Sul da Europa, o crescimento é lento durante o período que antecede o Verão mas com o aumento das temperaturas para valores mais elevados (25°-33°C de temperatura média diurna), este torna-se mais rápido. O crescimento completa-se depois da floração, altura em que os caules começam a lenhificar. O ciclo termina no Outono, quando as temperaturas mais baixas levam à senescência das folhas e translocação dos nutrientes para os rizomas (acumulando reservas para o Inverno). No Centro e Norte na Europa, devido às menores temperaturas atmosféricas, o ciclo vegetativo é mais curto (dado a plantação ser realizada mais tarde), e o fim do crescimento vegetativo é marcado pela diminuição da temperatura, pelo prolongamento do período nocturno e pelo aparecimento das primeiras geadas (Fernando e Oliveira, 2005; El Bassam, 2006; Bical; Pyter *et al*).

A presença de água é essencial para o *Miscanthus x giganteus*, influenciando mesmo o número de folhas e o índice de área foliar (Fernando e Oliveira, 2005, citando Christian e Haase, 2001). El Bassam (1996) afirma que se obtiveram maiores produções de matéria seca em solos húmidos, sendo a capacidade de retenção de água do solo um factor determinante de sucesso da cultura (Čásová *et al*, 2003). Apesar de não haver consenso relativamente à quantidade de água necessária para a planta, estima-se ser necessária uma precipitação entre 500mm e 600mm para se obterem produções de 20 a 30 t.ha⁻¹ de matéria seca (El Bassam, 1996; Long and Bale, 2001). Podem ser obtidas produtividades superiores com aplicação de rega durante o período de crescimento, principalmente no Sul da Europa, de forma a compensar as fracas precipitações e elevada evaporação normalmente registadas durante a Primavera e Verão (El Bassam, 1996; Clifton-Brown *et al*, 2001). No ano de plantação, mesmo no Norte e Centro da Europa, será necessária a irrigação.

O *Miscanthus x giganteus* não é muito exigente no que respeita à qualidade do solo, podendo crescer numa ampla gama, desde solos arenosos ou pedregosos a solos de texturas pesadas ou com elevados teores de matéria orgânica (El Bassam, 1996). No que respeita ao pH, a planta prefere solos com valores entre os 5,5 e os 7,5 (DEFRA, 2007; El Bassam, 1996).

A colheita deverá ser realizada quando o teor em matéria seca for elevado e quando a maior parte dos nutrientes se encontrarem sequestrados nos rizomas, renascendo a planta no ano seguinte a partir do caule cortado (quando as temperaturas forem as adequadas). O menor teor em humidade das plantas de *Miscanthus*, nos países do Sul da Europa (25-40%), facilita a implementação da sua

colheita no Outono e permite evitar ou reduzir a operação de secagem dos caules (Fernando e Oliveira, 2005, citando Duarte *et al.*, 1996; Clifton-Brown *et al.*, 2001). No Centro e Norte da Europa, a colheita é geralmente efectuada entre Janeiro e Março, antes de os rizomas iniciarem um novo crescimento, apresentando por isso um teor em matéria seca de 40-70% (El Bassam, 1996; Clifton-Brown *et al.*, 2001).

5.1.4. Cardo (*Cynara cardunculus* L.)

Planta herbácea perene, com um ciclo anual de produção de biomassa aérea, pertencente à família das *Asteraceae* (*Compositae*), originária da região Mediterrânea, que utiliza o mecanismo fotossintético em C₃ (Gominho e Pereira, 1995; González, 1996; Fernández, 2003; Danalatos *et al.*, 2007). Tem uma vida útil produtiva de 10 anos, podendo, em alguns casos atingir os 15 anos.

As folhas da roseta basal são pecioladas, longas e largas, verdes claras, geralmente muito recortadas. As folhas do caule são alternas. As flores estão agrupadas num grande capítulo globoso (com até 8 cm de diâmetro). A corola pode ser lilaz ou azul (González, 1996).

Apresenta crescimento vigoroso, atingindo 2 a 3 metros de altura e podendo abranger uma área de 1,5 m de diâmetro (González, 1996; Nogués *et al.*, 2003; Painel ECAS, 2006).



Figura 5.10 - Plantação de *Cynara cardunculus* L. Figura 5.11 - Plantação de *Cynara cardunculus* L., pormenor da inflorescência. Figura 5.12 - *Cynara cardunculus* L. no final do ciclo vegetativo, já seca, antes da colheita. Fonte: Painel ECAS, 2006.

Possui um sistema radicular profundo pivotante, que lhe permite extrair água e nutrientes das camadas mais profundas do solo, sendo esta uma mais-valia da planta em condições de secura stress hídrico severo que frequentemente ocorrem durante o Verão nas regiões de onde é originária. Prefere solos profundos, leves, limosos a franco-argilosos (mesmo que pedregosos ou marginais) com boa capacidade de retenção de água. Dá-se bem em solos calcários, sendo o pH óptimo para o seu desenvolvimento compreendido entre 5,5 e 8,0. Moderadamente tolerante à salinidade, mas

sensível ao encharcamento (González, 1996; Nogués *et al*, 2003; Fernández 2006, Gominho e Pereira).

Sendo uma planta característica da região mediterrânea, está bem adaptada a este tipo de clima, com Invernos em que a precipitação é irregularmente distribuída e Verões quentes e secos. Sensível à geada enquanto plântula. A instalação da cultura, quando feita no Outono deve ser realizada o quanto antes para evitar a destruição da roseta (nos anos seguintes, as geadas tardias podem também afectar as folhas da roseta). A partir das 4 folhas pode tolerar temperaturas até aos -3,8°C (Fernández, 2003).

O primeiro ciclo termina no final do Verão seguinte à plantação, com a senescência das folhas. Com as primeiras chuvas do Outono, volta a crescer uma roseta de folhas, estado em que a planta fica até ao início da Primavera, altura em que a produção de biomassa aumenta consideravelmente, e o escape floral inicia o seu desenvolvimento (a partir do 2º ano após a plantação).

Para a obtenção de uma boa colheita, as temperaturas médias devem situar-se entre os 7°C e os 29°C durante o período de crescimento. As sementes germinam facilmente desde que a humidade do solo seja adequada (próxima da capacidade de campo) e a temperatura atmosférica se situe entre os 13°-15°C e os 25°C (Fernández, 2006; Portal Agroprofesional, 2007; Portal Infoagro, 2007).

A produção de biomassa depende em grande parte da disponibilidade de água durante o período de crescimento activo, sendo necessários entre 400 e 550 mm para a obtenção de 10 t/ha de MS no 1º ano e de 12-15 t/ha de MS a partir do 2º ano (níveis de precipitação inferiores levam a uma quebra acentuada na produção). Podem ser obtidas produtividades de 20 t/ha a 30 t/ha de MS com recurso a rega (González, 1996; Danalatos *et al*, 2007; Gominho e Pereira).

5.1.5. Cana-do-reino (*Arundo donax* L.)

Pertence à família das *Gramineae*, é uma planta perene, espontânea no Sul da Europa (Grécia, Itália, Sul de França, Espanha e Portugal), onde é frequentemente encontrada ao longo dos cursos de água ou em zonas costeiras, a baixas altitudes (Dalianis, 1996; Herrera e Dudley, 2003). É uma planta extremamente competitiva, crescendo em manchas e suprimindo geralmente toda a vegetação em seu redor, sendo igualmente muito eficiente no combate à erosão do solo. Também é resistente ao fogo e os *inputs* anuais de que necessita, após a plantação, são mínimos.

Possui rizomas longos, bem desenvolvidos e lenhosos. Apresenta um crescimento rápido e vigoroso, podendo os seus caules atingir 3,5 cm de diâmetro e entre 3 e 10 metros de altura, havendo registo de plantas com 14 m (Dalianis, 1996, Painel ECAS, 2006).



Figura 5.13 – Plantação de *Arundo donax* L. Fonte: www.rain.org. Figura 5.14 - Plantação de *Arundo donax* L. Fonte: http://www.hegede.axelero.net/fotok/arundo_donax_variegata.jpg. Figura 5.15 - Plantação de *Arundo donax* L. Fonte: http://www.perennialfarm.com/images/165_Arundo%20donax.jpg.

As suas folhas são alternas, com cerca de 5 cm de largura e até 3,3 m de comprimento, verdes e macias, mas recortadas nas margens. As folhas mais compridas e os caules mais vigorosos são obtidos em plantas que são cortadas anualmente, no fim de cada período de crescimento vegetativo. O seu crescimento é contínuo ao longo do ano, mas apresenta um pico na Primavera.

Tolera temperaturas que oscilem entre os 5°C e os 35°C, mas prefere temperaturas entre os 9°C e os 28,5°C. Não é muito exigente no que respeita ao solo, formando maiores colónias em zonas ribeirinhas e em locais sujeitos a inundações, próximos a cursos de água, mas podendo crescer em solos de texturas arenosa a argilosa, bem como em sedimentos fluviais. Desenvolve-se porém melhor em solos com boa drenagem e amplo teor de humidade. Pode crescer em solos com pH entre 4,8 e 8,7 ou mesmo solos muito alcalinos, mas o pH mais adequado para o seu desenvolvimento situa-se entre os 5,5 e os 8,3. Necessita, no mínimo, de 300 a 400 mm/ano mas obtêm-se melhores resultados com precipitações superiores (Duke, 1983; Painel ECAS, 2006; USDA, 2008).

Tem uma produtividade média que ronda as 18 t/ha de MS, mas facilmente atinge as 20-25 t/ha de MS quando as condições são favoráveis (Dalianis, 1996; Christou, 2000; Angelini *et al*, 2005). Valores superiores podem também ser obtidos, havendo registo de produções de 40 t/ha de MS (Dalianis, 1996).

5.1.6. Painço (*Panicum virgatum* L.)

Planta perene, rizomatosa, que utiliza o mecanismo de fotossíntese em C_4 e pertence à família das *Gramineae*. A sua origem é ainda discutida por alguns autores. Segundo Christian (1996) é de origem tropical, mas de acordo com Thériault *et al* (2003) tem origem na América do Norte, onde está largamente difundida.

A sua distribuição geográfica actual situa-se a Sul dos 55°N de latitude e abrange diversas partes do globo (América, Rússia, Índia, Este e Sul de África, Sudeste Europeu e o Médio Oriente) (Christian, 1996; Thériault *et al*, 2003; Silzer). Tem uma vida útil produtiva de cerca de 10 anos.

Apresenta caules erectos, que podem atingir entre 0,5 e 2-3 m de altura. O seu sistema radicular, embora bem desenvolvido coloniza principalmente as camadas superiores do solo, sendo que 75% se encontra nos primeiros 15 cm, e 86% nos primeiros 60 cm de solo. No entanto, as suas raízes podem atingir 3,3 m (Christian, 1996; Thériault *et al*, 2003).



Figura 5.16 - Plantação de *Panicum virgatum* L.. Fonte: http://farm2.static.flickr.com/1421/1392888068_296ffd2166.jpg?v=0.

Figura 5.17 – Plantação de *Panicum virgatum* L. Fonte: http://www.sciam.com/media/inline/5B860E1B-C435-BC9C-51E0D4B537D66997_1.jpg.

Figura 5.18 - Plantação de *Panicum virgatum* L. Fonte: http://genomicsgtl.energy.gov/research/DOEUSDA/NREL_switchgrass.jpg.

Cresce numa ampla gama de solos, desde arenosos até argilo-limosos, sendo no entanto o seu estabelecimento mais fácil em solos limosos ou arenosos. Prefere solos bem drenados, sendo moderadamente tolerante à salinidade e ao encharcamento. O pH ideal para o seu crescimento situa-se entre os 6,5 e os 7,6, mas tolera valores de pH mais ácidos (até 4,5) ou mais alcalinos (Christian, 1996; Thériault *et al*, 2003; USDA, 2008; Silzer).

A germinação das sementes é lenta quando a temperatura atmosférica é inferior a 15,5°C, mas ocorre em apenas 3 dias se a for superior a 29,5°C. Uma temperatura mínima de 10,3°C é necessária para que a germinação se realize (Thériault, *et al*, 2003). Requer temperaturas entre os

20°C e os 30°C para um bom desenvolvimento. O ciclo de crescimento é relativamente curto, situando-se em torno dos 110 dias.

De acordo com o USDA³³ (2008), necessita de 120 a 600 mm de precipitação para obtenção de uma boa colheita.

5.1.7. Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)

O kenaf é uma planta herbácea anual, de dias curtos, que produz celulose de elevada qualidade. Pertence à família das *Mavaceae* e é originária de África. Vive entre os 45°N e os 40°S, onde é cultivada com sucesso, se bem que entre os 30°N e os 30°S apresenta melhores resultados (Candilo *et al*, 1990; Menarini *et al*, 1990; El Bassam, 1996; Ravagan, 2001).

Planta muito sensível ao fotoperíodo, sendo o número de horas de Sol um factor determinante da duração do seu ciclo vegetativo. Existem variedades mais ou menos precoces (de ciclo curto, médio ou longo), cuja floração se dá quando o comprimento do dia é inferior 12h30 (em média³⁴) (Berger, 1969; Candilo, *et al*, 1990; Pinto, 1993; El Bassam, 1996; Ravagan, 2001; Grubben e Denton, 2004).

Prefere climas quentes e húmidos, devendo ser plantada na Primavera após as chuvas (quando há disponibilidade de água no solo), sendo a colheita realizada preferencialmente na estação seca (80 a 140 dias após a sementeira, consoante as variedades) (Pinto, 1993; Ravagan, 2001).

Habitualmente atinge uma altura de 3 m (El Bassam, 1996), mas pode em alguns casos chegar aos 5 ou mesmo 6 metros de altura. O caule é erecto, cilíndrico e delgado, por vezes possuindo espinhos.



Figura 5.19 Plantação de *Hibiscus cannabinus* L.. Fonte: <http://www.biomatnet.org/secure/images/cas53d.gif>. Figura 5.20 - Plantação de *Hibiscus cannabinus* L.. Fonte: http://img.blog.yahoo.co.kr/ybi/1/75/57/rajajogja/folder/261/img_261_1149_0?1202384215.jpg.

³³ USDA – *United States Department of Agriculture*

³⁴ Existem variedades cuja floração ocorre quando o comprimento dos dias atinge as 13h00, as 12h45, as 12h30 e as 12h00, sendo o ciclo vegetativo maior nas primeiras e menor nas últimas.

As folhas são alternas, pecioladas, com 3 a 30 cm de comprimento, tri a septa lobadas na parte inferior da planta, e frequentemente sem lobos na parte superior, podem ainda apresentar as margens serradas ou dentadas, sendo glabras na página superior. As flores são bissexuais, com 7,5 a 10cm de diâmetro, com um pedicelo de 2 a 6 mm de comprimento, articulado na base. Corola campanulada, podendo ter várias cores (branca, rosa, lilás, amarela, alaranjada). As sementes são reniformes a triangulares com ângulos agudos, e dimensões entre 3-4 mm x 2-3 mm, cinzentas a castanhas/negras com pontos amarelos pálidos. As suas raízes espalham-se horizontalmente, pelo primeiro metro de solo. De germinação epígea. (Grubben e Denton, 2004). Ventos fortes ou chuvas muito intensas são prejudiciais para o seu crescimento (Berger, 1969; Candilo *et al*, 1990; Pinto, 1993; Vivas e Augusto, 2003).



Figura 5.21 - Aspecto da flor de *Hibiscus cannabinus* L.. Fonte: <http://oktoshi2004.blog-so-net.ne.jp/blog/images/blog/928/oktoshi2004/5200099.jpg>. Figura 5.22 - Colheita de *Hibiscus cannabinus* para uso da sua biomassa. Fonte: http://database.prota.org/PROTAhtml/Hibiscus%20cannabinus_En.htm.

Não é tolerante ao encharcamento, preferindo solos bem drenados e profundos. Pode, no entanto, adaptar-se a uma vasta gama de solos, desde areno-limosos a franco-argilosos (Berger, 1969; El Bassam, 1996; Ravagan, 2001; Grubben e Denton, 2004). Prefere solos férteis, ricos em matéria orgânica (Berger, 1969; Pinto, 1993; Vivas e Augusto, 2004). Pode resistir a períodos de seca, uma vez que a cultura já esteja bem estabelecida (abrandando apenas, momentaneamente o seu crescimento, que é compensado assim que a água é reposta no solo) (Pinto, 1993; Ravagan, 2001). Toleram moderadamente a salinidade (Pinto, 1993, citando Robinson, 1988). O pH mais adequado para o seu desenvolvimento está entre 6 e 7 (Pinto, 1993; El Bassam, 1996). Sendo uma planta de climas temperados a quentes, não é resistente ao frio muito intenso ou a geadas (Candilo *et al*, 1990; Pinto, 1993; Grubben e Denton, 2004). As médias temperaturas mais adequadas ao seu crescimento situam-se entre os 15° e os 27°C (temperaturas inferiores retardam o seu crescimento), sendo a temperatura de 13°C o mínimo para o início da germinação (Candilo *et al*, 1990; Menarini *et*

al, 1990; Ravagan, 2001; Grubben e Denton, 2004). Relativamente a precipitação, esta planta necessita de 500 a 750 mm distribuídos de forma uniforme pelos 4/5 meses do seu ciclo, devendo-se regar sempre que a precipitação não atinja estes valores (El Bassam, 1996; Ravagan, 2001; Grubben e Denton, 2004).

O *Hibiscus cannabinus* L. apresenta produtividades de 10 a 15 t/ha de MS, mas em boas condições edáfico-climáticas pode atingir as 20 t/ha de matéria seca.

5.1.8. Erva Purgueira (*Jatropha curcas* L.)

Planta da família das *Euphorbiaceae*, é originária do México e da América Central, tendo sido levada pelos navegadores portugueses para as Ilhas de Cabo Verde e Guiné-Bissau e também para alguns outros países de África e da Ásia. No séc. XIX foi largamente produzida nas ex-colónias (principalmente em Cabo Verde), para ser utilizada em Portugal Continental como “combustível” para os candeeiros das Ruas de Lisboa e também para a produção de sabão.

É muitas vezes utilizada actualmente, em África como sebe de delimitação dos campos, dado que os animais não lhe tocam (substâncias tóxicas - lectinas). Também pode ser utilizada na medicina tradicional e está, hoje em dia a ser muito utilizada na Ásia, África e América Latina para recuperar solos degradados em zonas antes florestadas e que foram desflorestadas e cultivadas seguindo técnicas agronómicas insustentáveis (agricultura mineira), bem como para auxiliar no controlo da erosão do solo (Heller 1996; Correia, 2005; Portal biodieseltoday, 2007; Vries, 2007).



Figura 5.23 - Plantação de *Jatropha curcas* L. Fonte: www.jatrophaworld.org. Figura 5.24 - Sementes de *Jatropha curcas* L.. Fonte: FACT Newsletter 4, 2007.

Planta arbórea arbustiva, perene, geralmente com 2 a 3 m, mas que em boas condições pode atingir os 4 a 5 m de altura. O caule é cinzento, castanho esverdeado, ramificado desde a base, de lenho mole e medula muito desenvolvida. O caule e os ramos contêm vasos lactíferos, com látex

(Andrade, 1978; Heller, 1996; Correia, 2005). Possui 5 raízes formadas a partir da semente, uma central e 4 periféricas. As folhas são alternas, verdes, palminérvias, glabras, penta a septa lobadas, sendo os lobos pouco marcados e tem entre 6 e 15 cm. Correia (2005), citando Dehgan e Webster (1979) afirma que a planta é monóica, com flores unissexuais, ocorrendo ocasionalmente flores hermafroditas. A polinização é cruzada e entomófila (Heller 1996). O fruto é trilocular e elipsoidal. O exocarpo mantém-se fresco até que as sementes amadureçam. As sementes são pretas, com 2 cm de comprimento por 1 cm de largura.

De fácil estabelecimento, crescimento rápido e vida longa, pode manter-se produtiva por 30 a 40 anos, chegando a sua vida útil, em alguns casos, aos 50 anos (Portal reuk, 2007; Correia, 2005; Fact Fondation, 2007; Portal Jatropha World, 2007).

Encontra-se principalmente em regiões com altitudes compreendidas entre os 0 e os 500 m, mas pode ocorrer a altitudes que vão desde o nível médio das águas do mar até os 1600-1700 m (Heller, 1996; Correia, 2005; Fact Foundation, 2007; Portal Jatropha world, 2007).

Planta de climas quentes, de condições áridas a semi-áridas, com temperaturas entre os 18°C e os 28°C. Pode também dar origem boas produções em climas diferentes, desde que as temperaturas médias durante o período de crescimento anual (sejam superiores a 11°C e inferiores a 38°C (Duke, 1983; Heller, 1996; Correia, 2005; Portal Jatropha World, 2007). Pode tolerar geadas ligeiras, mas é extremamente sensível a geadas prolongadas.

Trata-se de uma cultura muito pouco exigente em solos podendo crescer numa ampla gama, mesmo em solos pobres, com baixo teor de nutrientes e degradados, apresentando no entanto, preferência por texturas mais ligeiras, uma vez que a formação de raízes é reduzida em solos de textura pesada. Solos com espessuras mínimas de 50-80 cm de profundidade possibilitam um bom desenvolvimento do seu sistema radicular (FACT Newsletter, 2007). É muito resistente à secura (podendo sobreviver por longos períodos, apenas perdendo a folha), e à salinidade. São de evitar solos ácidos (pH <6) ou muito alcalinos (pH > 8,5).

A sua actual distribuição mostra que a introdução desta planta foi melhor sucedida em regiões com média anual de precipitação entre os 300 e os 1200 mm. De acordo com vários autores, os 300 mm de precipitação anual apresentam-se como um valor mínimo para a sobrevivência da planta, e os 600 mm como um mínimo para a produção de fruto, sendo o óptimo recomendado para obtenção de uma boa produção um valor aproximado dos 1000 mm de precipitação anuais (Heller, 1996; Correia, 2005; Fact Foundation, 2007).

A produtividade em semente varia, consoante as condições ambientais, entre os 1500 kg/ha e os 2500 kg/ha. Em ensaios, já foram registadas produções da ordem dos 5000 kg/ha e mesmo 8000 kg/ha (Heller, 1996).

5.2. SISAP

5.2.1. Ferramenta de apoio à tomada de decisão

O SISAP – Sistema de Apoio à Determinação da Aptidão Cultural – é uma ferramenta de processamento de dados geográficos e não geográficos para apoio à tomada de decisão desenvolvida para a EDIA pela Secção de Agricultura do Instituto Superior de Agronomia e colaboração com Agri-Ciência, Consultores de Engenharia, Lda.

Este sistema encontra-se em funcionamento desde 2005 na EDIA, e tem por finalidade a determinação da aptidão cultural potencial das áreas sob influência do perímetro de rega de Alqueva, podendo ser aplicado a diversos níveis, desde o da exploração agrícola até áreas mais abrangentes, constituindo assim, um instrumento útil de planeamento, de ordenamento do território e de avaliação com diversas utilizações, nomeadamente agronómica, socioeconómica, expropriações e avaliações ambientais (EDIA, 2008).

O programa possui uma base de dados edafo-climáticos, obtida a partir de cartas de solos, cartas de declives e da rede de estações meteorológicas.

Esta informação, compilada e trabalhada, numa primeira fase de modelação da ferramenta SISAP, permite definir, em cada caso, se são satisfeitos os requisitos das culturas relativamente a:

- Solos: pH, espessura efectiva, condutividade e textura, areia (em percentagem);
- Relevo: declive (em percentagem) e altitude;
- Clima: temperaturas mínimas, temperaturas máximas, temperaturas médias, geadas, integrais térmicos, precipitação.

Para a determinação da aptidão cultural, o SISAP utiliza o método do factor mais restritivo, ou seja, o parâmetro mais desfavorável para uma cultura, que vai ser decisivo para a classificação da respectiva área.

Assim, delimitada uma área em estudo, é possível determinar a aptidão da mesma para uma ou mais culturas, de acordo com uma classificação em quatro classes - “Aptidão nula”, “Aptidão reduzida”, “Aptidão moderada” e “Aptidão elevada”. O sistema é ainda capaz de determinar de toda a área em estudo, qual a área em cada uma destas classes.

O conceito de classe de aptidão, no âmbito do SISAP, reporta à produção que se poderá obter para uma dada cultura, na área geográfica em estudo, relativamente à produção máxima possível de obter para essa mesma cultura (se tivesse reunidas e satisfeitas todas as suas exigências edafo-climáticas). Assim, uma área assinalada como classe de “Aptidão elevada” será aquela em que se poderá esperar obter entre 80% e 100% da produção máxima que a cultura poderia alcançar. Para as restantes classes os valores situam-se entre os 60 e os 80% para a classe de aptidão moderada, 40 e os 60% para a classe de aptidão reduzida e menos de 40% para a classe de aptidão nula.

O programa SISAP está implementado sobre ArcGis³⁵ o que permite que os seus resultados sejam apresentados sob a forma de cartas de aptidão (mapas) e de quadros-resumo para cada cultura analisada, para uma fácil percepção e interpretação por parte dos utilizadores.

Esta ferramenta de trabalho possui ainda a vantagem de não ser um sistema estático, que apenas dá resultados de acordo com os dados introduzidos à data da sua entrada em funcionamento, mas sim ser um programa que permite ao utilizador a introdução de novos dados/informação, ajustando assim ao tipo de trabalho que pretende realizar ou tipo de resultados que pretende obter.

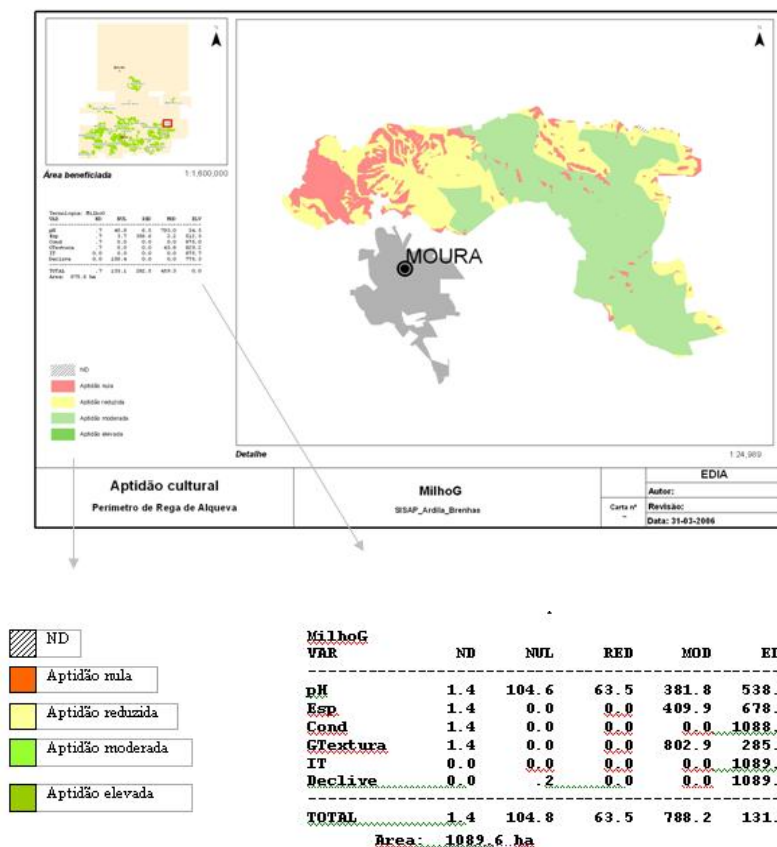


Figura 5.25- Exemplo de saída de um mapa do SISAP. Fonte: EDIA, (2008).

³⁵ ArcGis é um produto ESRI

5.2.2. Área de trabalho do SISAP

A área de trabalho do SISAP (para a qual existe a informação edafo-climática necessária) situa-se essencialmente nos Distritos de Beja e de Évora (Figura 3.26).

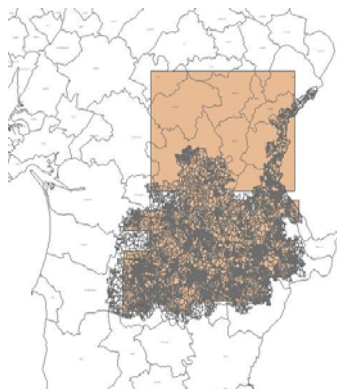


Figura 5.26 - Área de actuação do SISAP e informação cadastral existente na EDIA. Fonte: EDIA (2008).



Figura 5.27 – Área de influência do EMFA. Fonte: EDIA (2008)

5.2.3. Funcionamento do SISAP

A base de trabalho do SISAP é um conjunto de *layers* (ou pastas) que contém informação edafo-climática para cruzar com requisitos de culturas, ou informação que permita o acesso a sub-modelos onde existe informação que possa ser cruzada com esses requisitos.

Sendo a arquitectura de informação do programa de natureza geográfica, e tendo em conta que o SISAP é implementado sobre ArcGis^{TM36}, um layer equivale a um modelo geométrico de

³⁶ ArcGisTM é um produto ESRI.

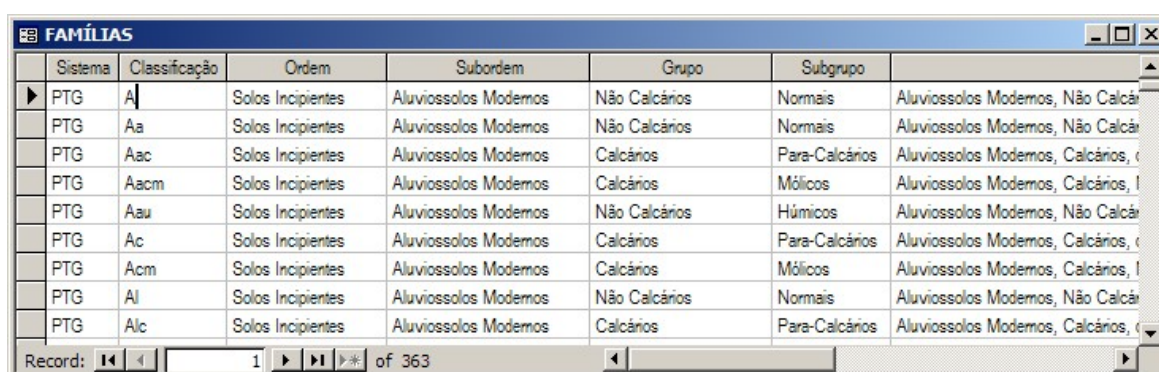
distribuição de uma ou mais variáveis sobre um determinado território, que podem então ser analisadas para cada elemento desse layer e confrontadas com os requisitos das culturas. As variáveis em questão podem estar presentes no layer ou serem acedidas por intermédio de uma chave (acesso aos sub-modelos).

O utilizador pode proceder à gestão e incorporação de nova informação através de diversos formulários existentes para o efeito na base de dados do SISAP, para cada um dos aspectos em estudo (solos, clima ou tecnologias), o que torna o programa flexível e adaptável às diferentes realidades.

5.2.3.1. Solos

Na elaboração do SISAP, a informação inserida relativamente aos solos teve por base a carta padrão existente para o Sul do Tejo, digitalizada a 1:25000 (IDRHA, Lisboa), sendo que no caso dos complexos foi tomado o solo mais representativo.

No sistema, foi introduzida, a Classificação Portuguesa de Solos completa, com todos os seus níveis de classificação (Ordem, Subordem, Grupo, Subgrupo, Família), podendo o utilizador aceder a esta informação, alterá-la ou mesmo completá-la com outros sistemas de classificação através do formulário “FAMÍLIAS”. Porém, as diferentes famílias de solos foram re-codificadas, de forma a serem precedidas do prefixo “PTG_” (que menciona o sistema de classificação - Classificação Portuguesa). Assim, cada família de classificação possui uma sigla identificadora, e.g. “PTG_A”, que é usada como chave única de acesso ao modelo de solos.



Sistema	Classificação	Ordem	Subordem	Grupo	Subgrupo	
PTG	A	Solos Incipientes	Aluviossolos Modemos	Não Calcários	Normais	Aluviossolos Modemos, Não Calcários, Normais
PTG	Aa	Solos Incipientes	Aluviossolos Modemos	Não Calcários	Normais	Aluviossolos Modemos, Não Calcários, Normais
PTG	Aac	Solos Incipientes	Aluviossolos Modemos	Calcários	Para-Calcários	Aluviossolos Modemos, Calcários, Para-Calcários
PTG	Aacm	Solos Incipientes	Aluviossolos Modemos	Calcários	Mólicos	Aluviossolos Modemos, Calcários, Mólicos
PTG	Aau	Solos Incipientes	Aluviossolos Modemos	Não Calcários	Húmicos	Aluviossolos Modemos, Não Calcários, Húmicos
PTG	Ac	Solos Incipientes	Aluviossolos Modemos	Calcários	Para-Calcários	Aluviossolos Modemos, Calcários, Para-Calcários
PTG	Acm	Solos Incipientes	Aluviossolos Modemos	Calcários	Mólicos	Aluviossolos Modemos, Calcários, Mólicos
PTG	Al	Solos Incipientes	Aluviossolos Modemos	Não Calcários	Normais	Aluviossolos Modemos, Não Calcários, Normais
PTG	Alc	Solos Incipientes	Aluviossolos Modemos	Calcários	Para-Calcários	Aluviossolos Modemos, Calcários, Para-Calcários

Record: 1 of 363

Figura 5.28 - Formulário “FAMÍLIAS”.

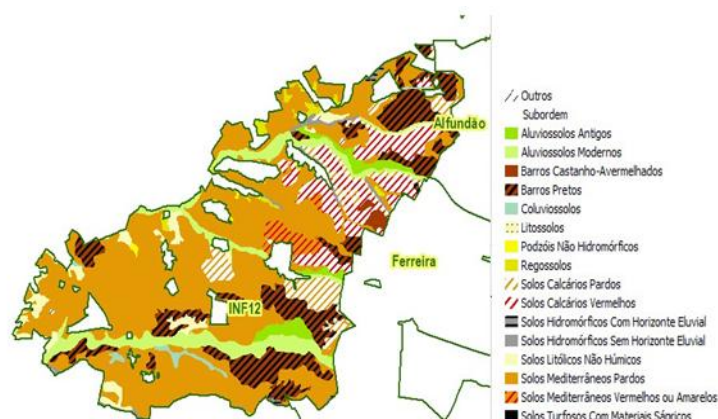


Figura 5.29 - Carta de Solos para o Bloco de Rega da Infraestrutura 12 (INF12). Fonte: EDIA (2008).

A gestão da informação relativa a perfis de solo (e respectivos horizontes), independentemente da sua classificação num qualquer sistema, faz-se através do formulário “PERFIS”. Neste, existem campos específicos para serem preenchidos com os dados relativos às variáveis para a caracterização dos horizontes de solo listadas na Tabela 3.1.

Variável	Descrição	Unidades
Horizonte	Designação do horizonte	-
Prof_topo	Profundidade do topo do horizonte	Cm
Prof_base	Profundidade da base do horizonte	Cm
Areia_grossa	Teor de areia grossa	%
Areia_fina	Teor de areia fina	%
Limo	Teor de limo	%
Argila	Teor de argila	%
Estrutura	Classe de estrutura	-
MO	Teor de matéria orgânica	%
pH_agua	pH em água	-
CTC	Capacidade de troca catiónica	meq./100g
DAP	Densidade aparente	-
CC	Capacidade de campo	%
CFU	Capacidade facilmente utilizável	%
CE	Coefficiente de emurchecimento	%
Perm_const	Permeabilidade constante	cm/h
Cond	Condutividade	mmhos/cm

Tabela 5.1 - Variáveis a definir para a caracterização dos horizontes dos solos (adaptado de Tristany e Coelho, 2004).

Foram introduzidos, numa primeira fase, os perfis existentes em Carvalho Cardoso (1964) para a área em estudo, tendo estes sido completados, mais tarde, com dados do Serviço de Solos do Ministério da Agricultura.

Foi também criado um sub-modelo, o XSOLO, que gera os dados relativos ao tipo de solo em si, isto é, que tenham como base o seu perfil pedológico, fornecendo assim dados que seriam os determinados aquando da análise dos primeiros 20 cm de cada tipo de solo (perfil-tipo).

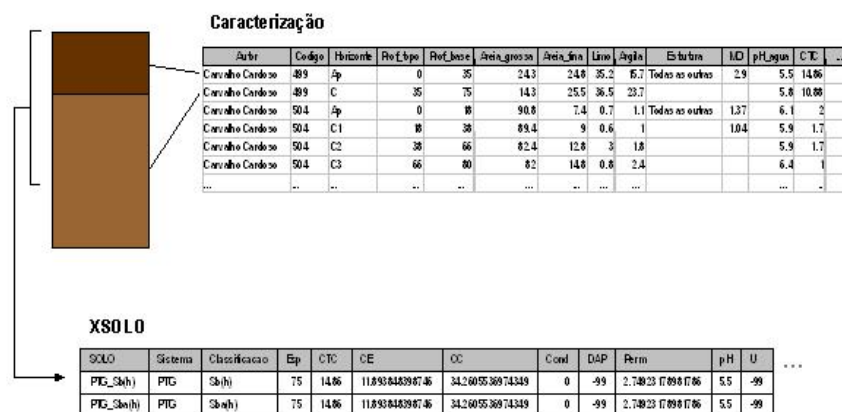


Figura 5.30 - Exemplo do processo de cálculo de um perfil-tipo, a partir da definição dos seus horizontes. Fonte: EDIA (2008).

No formulário “PADRÃO” são definidas chaves de classificação e os perfis que deverão ser consultados para gerar dados para essas chaves de classificação. Os perfis definidos por este formulário, “PADRÃO”, serão os utilizados para gerar os resultados do sub-modelo XSOLO.

PADRÃO

Sistema	Classificação	Autor	Código
PTG	A	Carvalho Cardoso	494
PTG	Aa	Carvalho Cardoso	130
PTG	Aa(h)	Carvalho Cardoso	130
PTG	Aac	Carvalho Cardoso	329
PTG	Ac	SROA	421
PTG	Al	Carvalho Cardoso	508
PTG	Alc	SROA	394
PTG	Ap	Carvalho Cardoso	311
PTG	Aph	Carvalho Cardoso	307
PTG	Apr	SROA	884
PTG	Ar	Tristany	1

Record: 1 of 183

Figura 5.31 – Formulário “PADRÃO”. Fonte: Tristany e Coelho, 2004.

Esta forma de organização permite armazenar diferentes perfis, para cada família de solo, e escolher numa determinada situação aquele que se considera mais apropriado, sendo depois as variáveis apresentadas na tabela 1 a ponderar na obtenção de valores-tipo para cada chave definida.

São assim criados perfis-tipo, cujas características analíticas, como foi referido anteriormente, reportam aos primeiros 20 cm de solo, sendo a espessura efectiva determinada com base em todos os horizontes com o campo “Útil” assinalado.

5.2.3.2. Clima

Os dados climáticos de base inseridos no sistema, foram obtidos a partir das diversas estações climatológicas situadas na área em estudo.

Assumiu-se, para facilitar e simplificar o tratamento deste tipo de dados, que uma dada área geográfica se apresenta sob influência de uma determinada estação climatológica, isto é, cada local está referenciado apenas a uma estação climatológica. Assim, a definição geométrica das variáveis climáticas assenta no princípio da unicidade de referência climática.

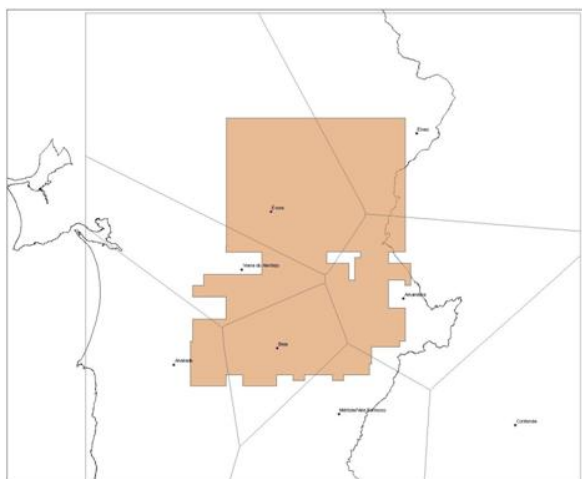


Figura 5.32 - Rede de estações climatológicas, com as respectivas áreas de influência. Fonte: EDIA (2008).

Os dados climáticos podem ser geridos através do formulário “ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS”, onde se apresenta, para além das variáveis listadas na Tabela 3.2, informação relativa à localização geográfica - latitude, longitude e altitude – bem como à altura do anemómetro para a medição do vento. Neste formulário existem ainda os campos “Início” e “Fim”, onde deverão introduzir-se os anos limite de processamento que limitarão os dados a ser tratados estatisticamente.

Foi criado um sub-modelo climático, XCLIMA, cuja base é a definição das áreas de influência determinadas por cada estação, associadas aos dados de estações climáticas individuais.

5. Caso de Estudo – Potencial de produção de culturas bioenergéticas no Empreendimento de fins Múltiplos de Alqueva

Figura 5.33 – Formulário “ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS”. Fonte: Tristany e Coelho (2004).

No que respeita às variáveis IT4, IT5, IT6, IT7, IT10 e IT12, estas são calculadas pelo próprio sistema, através de um modelo auxiliar - o de integral térmico (não precisando de ser introduzidas pelo utilizador). Para utilizar este modelo basta preencher “IT” no campo destinado à definição do modelo, “T” como Parâmetro 1 (Param 1) e a base de cálculo do integral térmico (4°C, 5°C, 6°C, 7°C, 10°C ou 12°C) no Parâmetro 2.

Variável	Unidades	Descrição	Ord	Mode	Par1	Par2	Par3
T	°C	Temperatura média diária	1				
T9	°C	Temperatura à 9h	2				
Tmin	°C	Temperatura mínima	3				
Tmax	°C	Temperatura máxima	4				
Tamin	°C	Temperatura mínima absoluta	5				
Tamax	°C	Temperatura máxima absoluta	6				
R	Mm	Precipitação	7				
R01	Mm	Número de dias com prec. superior a 0,1 mm	8				
R1	Mm	Número de dias com prec. superior a 1 mm	9				
R10	Mm	Número de dias com prec. superior a 10 mm	10				
I	H	Horas de insolação	11				
Geada	-	Número de dias com geada	12				
HR9	%	Humidade relativa às 9h	13				
Vento	km/h	Velocidade do vento	14				
IT4	°C.dia	Integral térmico de base 4°C	15			4	
IT5	°C.dia	Integral térmico de base 5°C	15	IT	T	5	
IT6	°C.dia	Integral térmico de base 6°C	15	IT	T	6	
IT7	°C.dia	Integral térmico de base 7°C	15	IT	T	7	
IT10	°C.dia	Integral térmico de base 10°C	15	IT	T	10	
IT12	°C.dia	Integral térmico de base 12°C	15	IT	T	12	
HF7	H	Horas de frio de base 7°C	16	HF	Tmin	Tmax	7

Tabela 5.2 - Variáveis climáticas a registar para cada estação climatológica. (adaptado de Tristany e Coelho, 2004)

O tratamento dos dados climáticos processa-se de forma diferente daquela que atrás se referiu para os dados de solos, realizando-se neste caso em duas etapas. Assim, numa primeira etapa os dados são tratados de forma a gerar um resumo mensal de cada uma das variáveis – XCLIMA1; numa segunda etapa são cruzados dados originais, os resultados da primeira etapa e ainda os dados das culturas de forma a gerar um resumo – XCLIMA2 – que será então, o resultado final do sub-modelo XCLIMA.

Codigo	Nome	Var	JAN	FEV	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OUT	NOV	DEZ
183	Alvalade	Geada	13	12	6	2	0	0	0	0	0	1	7	14
183	Alvalade	IT5	110.7	135.9	191.8	254.0	335.6	445.5	501.6	518.3	461.4	343.7	203.0	111.1
183	Alvalade	IT6	79.7	104.9	160.8	223.0	304.6	414.5	470.6	487.3	430.4	312.7	172.0	80.1
183	Alvalade	M	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
183	Alvalade	R	36.3	26.0	30.3	13.2	4.4	1.1	0.0	0.0	1.9	9.4	29.1	27.8
183	Alvalade	T	9.8	10.5	12.2	14.0	17.0	20.4	22.9	22.5	21.0	17.3	13.1	10.1
183	Alvalade	Tmax	16.1	17.0	19.7	21.7	25.8	29.3	32.3	32.5	30.9	25.7	21.4	16.8
183	Alvalade	Tmin	2.2	3.3	4.6	6.3	8.8	11.7	12.9	12.6	11.4	8.9	5.0	2.3

Figura 5.34 – Exemplo de resultado da primeira etapa de tratamento dos dados climáticos (XCLIMA1).

CLI	TEC	CLITEC	IT6	IT5	M	R
183	Arroz	183/Arroz	2536.6			
183	BetInv	183/BetInv				413.3
183	Girassol	183/Girassol		2722.6		
183	MilhoG	183/MilhoG	1947.1			
183	Trigodur	183/Trigodur				395.9
183	Trigomol	183/Trigomol				395.9

Figura 5.35 – Exemplo de resultado da segunda etapa de tratamento de dados climáticos (XCLIMA2).

A parametrização de ambas as etapas realiza-se através do formulário XCLIMA_DEF, sendo no final deste processo definidas as novas variáveis a cruzar com os requisitos das culturas para a obtenção do resultado final, isto é as cartas de aptidão.

5.2.3.3. Cenário futuro

O processo descrito no capítulo anterior é válido também para o tratamento dos dados climáticos com origem no modelo HadRM3, isto é, obtiveram-se novos polígonos que funcionam, para o SISAP, como se fossem “Estações climatológicas” (podendo inclusivamente gerir-se toda a informação através do formulário “ESTAÇÕES CLIMATOLÓGICAS”).

No entanto, estes novos polígonos são geometricamente diferentes das áreas de influência das estações climatológicas.

Por outro lado, estas novas “Estações climatológicas” possuem apenas dados referentes às Temperaturas (máximas, mínimas e médias), sendo o Integral térmico (IT), como foi referido atrás,

calculado automaticamente pelo sistema. Não existem dados relativos à ocorrência de geadas ou de precipitação.

5.2.3.4. Tecnologias

Na linguagem do SISAP definiu-se tecnologia como uma cultivar, ou conjunto de cultivares, em que estão determinados os aspectos tecnológicos considerados relevantes para a definição dos seus requisitos.

Variável	Descrição	Unidades
Altitude	Altitude	m
Areia	Teor de areia grossa e areia fina do solo (medida da textura do solo)	%
Cond	Condutividade do solo	mmhos
Declive	Declive	%
Esp	Espessura efectiva do solo	cm
Geadas	Número de geadas admissíveis no período considerado	-
Gtextura	Grupo textural, 1-5	-
HF	Horas de frio	H
Hidrom	Nível de hidromorfismo, 0-3	-
IT	Integral térmico (de base a definir pelo utilizador), no período considerado	°C
M	Número de meses disponíveis para a realização da cultura	-
pH	pH do solo	-
R	Precipitação, no período considerado	Mm
T	Temperatura média anual, no período considerado	°C
Tmax	Temperatura máxima, no período considerado	°C
Tmin	Temperatura mínima, no período considerado	°C

Tabela 5.3 – Variáveis existentes para caracterização das tecnologias. (adaptado de Tristany e Coelho, 2004).

Os dados referentes às variáveis listadas na Tabela 3.3 podem ser geridos através do formulário “TECNOLOGIAS”. Este dá ao utilizador a possibilidade de introduzir dados com carácter apenas de registo (sem função para o cálculo da aptidão cultural), mas que são um bom auxílio na descrição da cultura em questão. Com esse efeito, existem no formulário os campos: “Grupo”, onde se poderá inserir o grupo a que a cultura pertence (arvenses, fruteiras ou hortícolas), “Classe” (onde no caso das culturas arvenses se poderá optar por cereais ou horto-industriais) e ainda os campos “Nível tecnológico”, “Nível de inovação”, “Nível Capital”, “Nível de Mão-de-obra”, onde se pode escolher entre baixo, médio ou elevado, consoante o que a cultura requer, relativamente a cada um destes atributos (tecnologia, inovação, capital e mão-de-obra).

TECNOLOGIAS

COD	Tecnologia
Amoz	Amoz laser
Batata	Batata industria
BetInv	Beterraba
BetPrim	Beterraba
Brocolo	Couve-brocolo industria
Cebola	Cebola industria
Cenoura	Cenoura industria
Centeio	Centeio sequeiro
Chicoria	Chicoria
Citrios	Citrios
Colza	Colza
Ervilha	Ervilha industria
Girassol	Girassol
Macieira	Macieira
Melao	Melão
MilhoG	Milho grão
Olival	Olival
Pessego	Pessequeiro
Pimento	Pimento industria
Soja	Soja
Sorgo	Sorgo silagem
Tomate	Tomate industria
Trigodur	Trigo duro
Trigomol	Trigo mole

Milho grão

Grupo: Arvenses Nivel Tecnológico: Medio

Classe: Cereais Nivel Inovação: Baixo

Início per. interesse: MAR Nivel Capital: Baixo

Fim per. interesse: SET Nivel Mão Obra: Baixo

OBSERVAÇÕES: Rega por aspersão

REQUISITOS

Varíavel	MIN RED	MIN MOD	MIN ELV	MAX ELV	MAX MOD	MAX RED	DEF	INI	FIM
► Esp	30	45	60						
pH	5.3	5.8	6.2	7	7.7	8.3			
Cond				1.7	3.8	5.9			
Tmin	10						M	1	7
Geada						0			
ITS	1225	1675	1950						
Areia	30		45	80		90			
Declive				3	3	3			
*									

Figura 5.36 – Formulário “TECNOLOGIAS”

Tal como no formulário existente para a inserção dos dados meteorológicos, este também possui campos destinados a inserir os meses que marcam o início e o fim do período de interesse, que, neste caso, correspondem ao início e fim do ciclo da cultura, e que irão ser utilizados para processar os requisitos climáticos da tecnologia em questão - campos denominados “Início do período de interesse” e “Fim do período de interesse”, respectivamente.

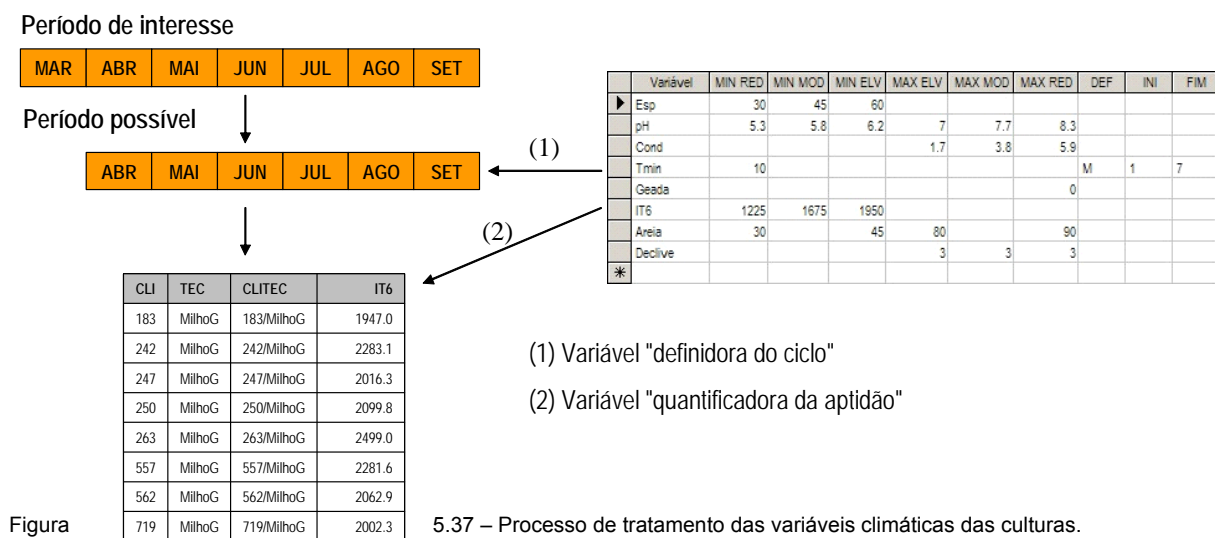
Existe ainda o campo “observações” onde poder-se-á registar algum dado de interesse que não seja possível de inserir em nenhum outro campo dos acima mencionados, como por exemplo, o tipo de sementeira ou rega.

Atendendo ao objectivo do programa SISAP, existe um campo denominado “REQUISITOS”, que se destina à introdução do conjunto de valores limite de cada variável, para cada tecnologia (explicado em detalhe mais a frente). Dependendo da variável e/ou cultura sobre a qual se está a trabalhar, estes poderão ser ou não ser preenchidos na totalidade.

Para cada variável é possível registar um intervalo de aptidão elevada, ou seja, o intervalo óptimo (de MIN_ELV³⁷ a MAX_ELV), dois intervalos de aptidão moderada (de MIN_MOD a MIN_ELV e de MAX_ELV a MAX_MOD), dois intervalos de aptidão reduzida (de MIN_RED a MIN_MOD e de MAX_MOD a MAX_RED) e um intervalo de aptidão nula (abaixo de MIN_RED e acima de MAX_RED).

Relativamente ao tratamento das variáveis climáticas importa referir que existem aquelas que são de “definição de ciclo” e as que são de “determinação da aptidão cultural”. No caso de se tratar de uma variável de “definição do ciclo”, os campos “DEF”, “INI” e “FIM” deverão ser preenchidos com informação referente aos meses (do ciclo cultural) de início e fim de aplicação da restrição dada pela própria variável.

³⁷ A título de exemplo, é de referir que MIN_ELV será o valor mínimo que o requisito deve tomar, para que a aptidão cultural seja elevada. Igual raciocínio deverá ser feito para cada uma das restantes classes de aptidão



5.2.3.5. Requisitos das culturas

Os requisitos das culturas podem ser geridos através do formulário “TECNOLOGIAS”, como foi atrás referido. O SISAP permite uma total liberdade na definição das restrições, variáveis a utilizar e até sub-modelos a incorporar, mas, para efeito da realização deste trabalho, optou-se por utilizá-lo com a parametrização existente e em funcionamento na EDIA.

Condutividade - o parâmetro utilizado para a avaliação da salinidade do solo é a condutividade, em mmhos.cm^{-1} , estando as culturas organizadas em três grupos, cujos valores relativos a cada uma das classes de aptidão se apresentam como sendo:

- Muito sensíveis (culturas com reduzida tolerância à salinidade) - MAX_ELV 3, MAX_MOD 5, MAX_RED 9 mmhos.cm^{-1} ;
- Sensíveis (culturas moderadamente tolerantes à salinidade) - MAX_ELV 5, MAX_MOD 9, MAX_RED 12 mmhos.cm^{-1} ;
- Tolerantes (culturas tolerantes à salinidade) - MAX_ELV 9, MAX_MOD 12, MAX_RED 16 mmhos.cm^{-1} .

Declive - quanto às exigências relativas ao declive, o SISAP apresenta cinco classes possíveis:

- Classe 1, declive entre 0 e 2%, para culturas de rega por alagamento;
- Classe 2, declive entre 2 e 8%;

- Classe 3, declive entre 8 e 15%, sendo o limite de 15% imposto pelas máquinas de colheita de maiores dimensões;
- Classe 4, declive entre 15 e 25%, sendo os 25% o limite absoluto considerado para a vinha, olival e pomares em geral, geralmente já com bastantes limitações;
- Classe 5, declive superior a 25%.

Espessura efectiva – para a avaliação deste parâmetro, foram tidos em linha de conta os horizontes do tipo “A” e “B”, em aluviões e derivados, regossolos, coluviosolos, podzóis em alguns solos de material originário pouco consolidado foi também considerado o horizonte “C”. As diferentes culturas podem ser catalogadas como pertencentes a um dos três grupos (pouco exigentes, intermédias e exigentes):

- Pouco exigentes - MIN_RED 30, MIN_MOD 40 e MIN_ELV 50 cm;
- Intermedias - MIN_RED 30, MIN_MOD 45 e MIN_ELV 60 cm;
- Exigentes - MIN_RED 40, MIN_MOD 60 e MIN_ELV 80 cm.

Grupo textural – para a definição deste parâmetro faz-se corresponder a cada classe de textura (indicada no diagrama triangular do modelo adaptado pelo USDA) a um grupo textural:

Textura	Grupo textural
Arenoso	1
Franco-arenoso	2
Arenoso-franco	2
Limoso	3
Franco-limoso	3
Franco	3
Franco-argiloso	4
Franco-argilo-limoso	4
Franco-argilo-arenoso	4
Argiloso	5
Argilo-limoso	5
Argilo-arenoso	5

Tabela 5.4 – Correspondência entre as classes de textura (segundo o modelo do USDA) e os grupos texturais adoptados pelo SISAP. (adaptado do programa SISAP)

5.2.3.6. Processamento e cálculo de aptidão

O processamento do modelo principal é realizado ao nível do interface SIG. Uma vez que o sistema não reconhece qualquer *layer*, o utilizador deverá, em primeiro lugar, carregar no mapa de trabalhos o(s) *layer*(s) que queira utilizar.

No formulário "Cálculo de aptidão" (Figura 3.37) é possível definir qual o modelo geométrico que se pretende utilizar, quais as restrições a impôr e ainda quais as tecnologias a ter em conta, isto é, é neste formulário que se realiza a “montagem do modelo”.

Factor	Pond.	COD	Descrição
pH	100	Arroz	Arroz laser
Esp	100	Batata	Batata industria
Cond	100	BetInnv	Beterraba
Areia	100	BetPrim	Beterraba
Decive	100	Cebola	Cebola industria
IT5	100	Cenoura	Cenoura industria
IT6	100	Centeio	Centeio sequeiro
R	100	Chicoria	Chicória
		Citrinos	Citrinos
		Colza	Colza
		Brocolo	Couve-brocolo industria
		Ervilha	Ervilha industria
		Grassol	Grassol
		Madeira	Madeira
		Melao	Melão
		MilhoG	Milho grão

Figura 5.38 – Formulário de controlo do Cálculo de Aptidão.

No campo “UNIVERSO” o utilizador pode escolher um de entre de os vários *layers* que tiver à disposição/carregados no mapa de trabalhos, e que constitui o modelo geométrico a analisar no momento. No caso concreto deste trabalho foram utilizados dois *layers*, um para o cenário actual – SISAP_regadio – e um para o cenário futuro – SISAP_regadio_futuro.

O SISAP possui a possibilidade de escolha manual dos sub-modelos, variáveis, requisitos das culturas e tecnologias que se pretendem analisar/cruzar ou, o recurso a modelos pré-definidos.

No campo “Recursos - Variável” pode selecciona-se quais as variáveis a considerar no modelo, (de entre elas, só serão utilizadas, tecnologia a tecnologia, as que estão definidas para essa tecnologia). No campo “Requisitos/Tecnologias - Factor” pode aparecer de imediato uma variável com o mesmo nome (caso exista), ou então pode o utilizador escolher de entre as possíveis qual a que se quer cruzar com a do lado dos recursos. Este processo deverá ser repetido tantas vezes quantas as variáveis que se queiram cruzar (sendo o limite o número de variáveis possíveis de introduzir no campo “Recursos - Variável”, isto é, 10).

Por último, o utilizador pode escolher, no campo “Requisitos/Tecnologias – Descrição” qual ou quais a(s) tecnologia(s)/cultura(s) que pretende analisar.

Para a realização deste trabalho utilizou-se o modelo pré-formatado “M1”, que dá ligação automática aos sub-modelos XSOLO, XCLIMA2 e Declive e que define à partida um conjunto de variáveis e requisitos das culturas a serem cruzados (Tabela 3.5).

Modelo “M1”	
Recursos	Requisitos/Tecnologias
Variável	Factor
XSOLO.pH	pH
XSOLO.Esp	Esp
XSOLO.Cond	Cond
XSOLO.Hidrom	Hidrom
XSOLO.GTextura	GTextura
XCLIMA2.IT	IT
XCLIMA2.R	R
SISAP_Regadio.Declive	Declive

Tabela 5.5 – Recursos e Requisitos utilizados pelo modelo “M1” (adaptado do programa SISAP)

5.2.3.7. Classificação

O último passo, após o processamento e cálculo de aptidão pelo sistema, é a representação gráfica da mesma. Como já foi mencionado no capítulo 3.2.1, os resultados da corrida do modelo são expressos sobre a forma de mapas e quadros-resumo. Os mapas são desenhados de acordo com um código de cores:

- Tracejado – dados insuficientes
- Vermelho – aptidão nula
- Amarelo – aptidão reduzida
- Verde-claro – aptidão moderada
- Verde-escuro – aptidão elevada.

Os quadros-resumo apresentam as áreas (em ha) que correspondem a cada classe de aptidão, para cada uma das variáveis (pH, Esp, Cond, GTextura, IT³⁸ e Declive) e também as áreas que, do total da área em estudo, correspondem a cada classe de aptidão.

Assim, o utilizador pode perceber, através da simples observação dos quadros-resumo, qual é o factor que para cada tecnologia/cultura se apresenta como mais limitante.

5.2.3.8. Pesquisa e tratamento de dados

³⁸ Importa relembrar que as variáveis Tmax, Tmin, T e Geada são definidoras do ciclo, e por isso nesta segunda fase de processamento e apresentação dos resultados estão subjacentes ao cálculo, não aparecendo nos quadros-resumo.

No decorrer deste trabalho foi realizada uma pesquisa bibliográfica com o objectivo de definir os valores para cada um dos requisitos de cada uma das tecnologias/culturas. No entanto houve alguma dificuldade na inserção dos dados no SISAP: a informação encontrada era muitas vezes vaga e subjectiva, e muitas outras não era quantificada numericamente pelos autores. Uma das dificuldades encontradas está relacionada com as próprias culturas em estudo, a sua origem (algumas vezes tropical) e o facto de não serem habitualmente realizadas em solo português (o que se traduz, muitas vezes, na inexistência de dados concretos sobre produções, como conduzir as culturas e a forma como são menos ou mais afectadas pelas condições edafo-climáticas do país).

Assim, sempre que a dúvida recaía entre colocar um determinado valor para um dos requisitos como limiar de um ou outro intervalo de aptidão, optou-se por colocá-lo de forma a ser o menos restritivo possível, ou seja colocá-lo com limite do intervalo de aptidão mais abrangente (em primeiro lugar no intervalo de aptidão reduzida, depois no de aptidão moderada por fim no de aptidão elevada).

Numa primeira fase, a pesquisa e inserção de dados no SISAP para cada tecnologia abarcava o maior número possível de requisitos, e dentro destes, todos os valores que limitassem os diferentes intervalos de aptidão. Com o avançar do trabalho concluiu-se que alguns dos valores e/ou requisitos não seriam necessários inserir, por razões várias:

- os valores encontrados claramente não se mostravam limitantes na região em estudo;
- haver o conhecimento de estudos e/ou culturas realizadas com sucesso sob essas mesmas condições;
- por opção de fundo, como no caso específico da precipitação, por se considerar irrelevante na área em estudo.

Assim, considerou-se que:

- A altitude poderia ser dispensada para o cálculo da aptidão, uma vez que os valores (máximos) limitantes relativos a este requisito, referidos apenas para a Erva Purgueira e para o Choupo, não se verificam na área de influência do EFMA.
- A precipitação poderia ser igualmente dispensada para o cálculo da aptidão, uma vez que o objectivo de realizar as culturas em estudo na área de influência do EFMA seria dispor de água para rega, evitando que esta se tornasse um factor limitante.
- A ocorrência de geadas durante os primeiros estados (nomeadamente enquanto plântula) de algumas culturas, como o Cardo, não constituía um problema tão grave como a bibliografia faz crer, pois há estudos³⁹ que apontam para boas produtividades, mesmo em zonas com ocorrência de geadas, nos supostos meses críticos.

³⁹ Um estudo do Painel ECAS e outro da Logística Florestal apontam para boas produções de Cardo na zona de Beja, para onde, na base de dados do SISAP está indicada a ocorrência de geadas.

Relativamente ao Integral Térmico, este requisito foi tratado de forma um pouco diferente, uma vez que não se encontraram, na bibliografia, valores mínimos (à excepção das culturas do Salgueiro e Choupo) ou valores que pudessem limitar intervalos de aptidão.

Recorreu-se a vários estudos realizados por diferentes autores e em diferentes locais (geograficamente distantes), e a dados climáticos, isto é, temperaturas médias mensais, registadas pelas das estações meteorológicas mais próximas⁴⁰ (ou valores de temperaturas médias mensais indicados nos próprios estudos) para o estabelecimento da base de cálculo e para o cálculo, propriamente dito, do Integral Térmico.

Procurou-se encontrar uma relação entre as produções obtidas nos diversos locais e o Integral Térmico calculado para esse mesmo local. De facto, foi possível verificar que para um determinado nível de produção, independentemente do local em estudo, o valor do Integral Térmico era semelhante.

5.2.3.9. Inserção de dados no SISAP

Os dados recolhidos foram inseridos na base de dados do SISAP, no formulário tecnologias (como atrás foi referido). Assim para cada uma das culturas em estudo, obteve-se uma tabela.

Variável	AUX	MIN RED	MIN MOD	MIN ELV	MAX ELV	MAX MOD	MAX RED	DEF	INI	FIM
IT	5	200								
Tmax							40			
GTextura		1	2	2	5	5	5			
Esp		40	60	80						
Cond					5	9	12			
pH			5.5	6.5		7				
Declive					4	4	4			

Tabela 5.6 - Formulário "REQUISITOS", preenchido para o Salgueiro (*Salix* spp.)

Variável	AUX	MIN RED	MIN MOD	MIN ELV	MAX ELV	MAX MOD	MAX RED	DEF	INI	FIM
IT	5	200								
pH		4.5		6.5		7.5	8			
Tmin		5						M	1	12
Tmax							40	M	1	12
GTextura		1	2	2	3	3	4			
Declive					4	4	4			
Esp		40	60	80						

Tabela 5.7 - Formulário "REQUISITOS", preenchido para o Choupo (*Populus* spp.)

⁴⁰ As temperaturas médias mensais foram obtidas a partir do programa FAOCLIM2, da FAO.

2. Caso de Estudo – Potencial de produção de culturas
bioenergéticas no Empreendimento de fins Múltiplos de Alqueva

Variável	AUX	MIN RED	MIN MOD	MIN ELV	MAX ELV	MAX MOD	MAX RED	DEF	INI	FIM
IT	10	1800	2000	2200						
M		7	8	9						
Cond					3	5	9			
Declive					3	3	3			
Esp		40	60	80						
pH		4.6		5.5	7.5					
Tmin		6						M	1	2
GTextura		1	2	2	4	4	5			

Tabela 5.8 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para o Miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef & Deu.)

Variável	AUX	MIN RED	MIN MOD	MIN ELV	MAX ELV	MAX MOD	MAX RED	DEF	INI	FIM
Tmin		7						M	1	7
IT	7	2500	3000	3500						
M		7	8	9						
Declive					3	3	3			
GTextura		2	3	3	4	4	4			
Cond					5	9	12			
Esp		40	60	80						
pH			5.5			8				

Tabela 5.9 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para o Cardo (*Cynara cardunculus* L.)

Variável	AUX	MIN RED	MIN MOD	MIN ELV	MAX ELV	MAX MOD	MAX RED	DEF	INI	FIM
M		7	7	7						
IT	5	2500	3000	3500						
Tmax							35	M	1	7
Geada							0	M	1	3
Areia		25	25	25						
Cond					3	5	9			
Declive					3	3	3			
pH		4.8	5	5.5	7	8.3	8.7			
Esp		40	60	80						
Tmin		5						M	1	7
GTextura		2	2	3	4	4	5			

Tabelas 5.10 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para a Cana-do-reino (*Arundo donax* L.)

Variável	AUX	MIN RED	MIN MOD	MIN ELV	MAX ELV	MAX MOD	MAX RED	DEF	INI	FIM
IT	10	600	1300	2000						
Geada							0	M	1	4
M		5	5	6						
Declive					3	3	3			
GTextura		1	2	2	4	4	5			
Cond					5	9	12			
Esp		30	45	60						
pH		4.5	5.5	6.5	8	8	8.5			
Tmin		10.3						M	1	1

Tabela 5.11 - Formulário “REQUISITOS”, preenchido para o Painço (*Panicum virgatum* L.)

2. Caso de Estudo – Potencial de produção de culturas
bioenergéticas no Empreendimento de fins Múltiplos de Alqueva

Variável	AUX	MIN RED	MIN MOD	MIN ELV	MAX ELV	MAX MOD	MAX RED	DEF	INI	FIM
IT	12	1400	1500	1600						
T		13						M	1	6
M		5	5	6						
GTextura		2	2	2	3	3	4			
Cond					5	9	12			
Declive					3	3	3			
Esp		40	60	80						
pH		6	6	6	7	7	7			
Geada							0	M	1	6

Tabela 5.12 - Formulário "REQUISITOS", preenchido para o Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)

Variável	AUX	MIN RED	MIN MOD	MIN ELV	MAX ELV	MAX MOD	MAX RED	DEF	INI	FIM
M		8	8	8						
Cond					9	12	16			
Tmin		11						M	1	8
Tmax							38	M	1	8
Geada							0	M	1	3
Esp		30	45	60						
GTextura		1	2	2	4	4	4			
Declive					3	3	3			
pH			6			8.5				

Tabela 5.13 - Formulário "REQUISITOS", preenchido para a Erva Purgueira (*Jatropha curcas* L.)

6. Resultados e discussão

Como já foi referido anteriormente, o SISAP apresenta os seus resultados sob a forma de mapas (em anexo) e de quadros-resumo para cada cultura em estudo.

Salgueiro (*Salix spp.*)

Cenário actual

Salgueir VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	9255.1	39741.0	65369.0
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	115.5	76.0	0.0	114289
IT	0.0	0.0	0.0	0.0	114706
Declive	0.0	60.0	0.0	0.0	114646
TOTAL	226.0	1971.2	53540.9	55462.9	3505.7
Area:	114706.7 ha				

Tabela 6.1 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Salgueiro.

De acordo com os resultados obtidos pela corrida do SISAP, a área que se pode destinar actualmente à cultura do Salgueiro com obtenção de produções elevadas é diminuta, situando-se nos 3505,7 ha, localizados essencialmente na proximidade de Aljustrel; 55462,9 ha apresentam aptidão moderada para esta cultura, mas 53530,9 ha aparecem classificados como de aptidão reduzida, espalhados um pouco por toda a área em estudo (ANEXO 1). O factor que se apresenta como mais limitante é a espessura do solo (Esp), logo seguida pelo pH (Tabela 6.1), o que se deve ao facto de o Salgueiro ser uma árvore com raízes profundas e que prefere pH de solo situado ao redor dos 6,5 e uma boa parte dos solos da área em estudo são mais delgados e apresentam valores de pH inferiores a 6 (muitos deles entre os 4,5 e os 5,5).

Cenário futuro

Salgueir VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	9255.1	39741.0	65369.0
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	115.5	76.0	0.0	114289
IT	0.0	0.0	0.0	0.0	114706
Declive	0.0	60.0	0.0	0.0	114646
TOTAL	226.0	1971.2	53540.9	55462.9	3505.7
Area:	114706.7 ha				

Tabela 6.2 – Quadro resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Salgueiro.

Relativamente ao cenário futuro a situação é igual, isto é, as áreas afectas a cada classe de aptidão apresentam os mesmos valores (em ha) que para o cenário actual. Isto acontece porque no cenário futuro os dados edáficos são precisamente os mesmos que os utilizados para o cenário actual, e apenas os valores das temperaturas (mínimas, médias e máximas) são diferentes.

Assim, o que difere no cálculo da aptidão do cenário actual para o cenário futuro é, por um lado, o tempo (em meses) disponível para a realização da cultura⁴¹ (limitado/definido pela temperatura (máxima); por outro, e o cálculo do Integral Térmico (feito com recurso à temperatura média).

No caso do Salgueiro, uma vez que os valores da temperatura (máxima) não se demonstram limitantes para a realização da cultura, quer no cenário actual, quer no cenário futuro e que o valor assumido pelo Integral Térmico para o cenário actual coloca toda a área em estudo na classificação de aptidão elevada (Tabela 6.2), também no cenário futuro toda esta área está imputada à classe de aptidão elevada (ANEXO 2), já que a soma de graus-dia para cenário futuro é superior à do cenário actual (os dados retirados do HadRM3 apontam para temperaturas médias futuras superiores às actuais).

⁴¹ Neste caso concreto, dos meses em que o crescimento da planta se dá, uma vez que se trata de uma cultura permanente. Admite-se que a planta não morrerá se houver a ocorrência de um ou outro dia com temperaturas superiores a 40°C, mas que diminui a sua actividade de crescimento vegetativo.

Choupo (*Populus spp.*)Cenário actual

Choupo VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	0.0	48996.1	65369.0
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
GTextura	226.0	31445.7	27120.0	0.0	55914.9
IT	0.0	0.0	0.0	0.0	114706
Declive	0.0	60.0	0.0	0.0	114646
TOTAL	226.0	32671.8	42539.5	38760.7	508.6
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.3 – Quadro resumo do SISAP_Regadio para o Choupo.

Os resultados obtidos apontam para apenas 508,6 ha e 38760.7 ha de aptidão elevada e moderada, respectivamente. Estas áreas correspondem às zonas de Reguengos de Monsaraz e Vidigueira. Uma extensa área, de 42539,5 ha apresenta aptidão reduzida (principalmente nas regiões de Moura e Ferreira do Alentejo) e 32671,8 ha mostram mesmo aptidão nula, sendo que Beja será a zona com maior incidência desta classe de aptidão (ANEXO 3).

Os factores mais limitantes são, à semelhança do que acontecia para o Salgueiro, o pH e a espessura, pelos mesmo motivos indicados para aquela cultura. Porém, no caso do Choupo, o grupo textural também tem uma grande influência nos resultados, menos positivos em termos de aptidão da área em estudo. Este resultado deve-se ao facto de o Choupo preferir solos de texturas mais leves do que o Salgueiro e a área de influência do EFMA apresentar uma boa parte de solos com texturas médias a pesadas.

Cenário futuro

Choupo VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	0.0	48996.1	65369.0
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
GTextura	226.0	31445.7	27120.0	0.0	55914.9
IT	0.0	0.0	0.0	0.0	114706
Declive	0.0	60.0	0.0	0.0	114646
TOTAL	226.0	32671.8	42539.5	38760.7	508.6
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.4 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Choupo.

Quanto à questão do cenário actual/cenário futuro, tal como para o Salgueiro, também para o Choupo as temperaturas (mínima e máxima) que delimitam os meses disponíveis para o crescimento da planta não se mostram limitantes, o mesmo acontecendo com o Integral Térmico (Tabelas 6.3 e 6.4), sendo que em relação a este último requisito, toda a área apresenta aptidão elevada. Por esse motivo, a aptidão actual e futura da região analisada é mesma para a cultura do Choupo (ANEXO 4).

Miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef & Deu.)

Cenário actual

Miscanth VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	0.0	47134.7	67230.4
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	115.5	31406.2	0.0	82958.9
IT	0.0	0.0	0.0	13550.4	101156
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	2691.8	51214.1	58659.9	1914.8
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.5 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Miscanthus.

Para a cultura do *Miscanthus* os resultados apontam, para o cenário actual, uma área com aptidão elevada de apenas 1914,8 ha, espalhados ao longo de toda a área em estudo. As áreas com aptidão moderada ou reduzida para esta cultura são mais extensas, respectivamente 58659,9 ha e 51214.1 ha (esta última principalmente nas regiões de Ferreira do Alentejo, Beja, Moura e Serpa), sendo que 2691.8 ha apresentam mesmo aptidão nula (ANEXO 5).

Cenário Futuro

Miscanth VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	0.0	47134.7	67230.4
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	115.5	31406.2	0.0	82958.9
IT	0.0	0.0	0.0	0.0	114706
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	2691.8	51214.1	56152.0	4422.7
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.6 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Miscanthus.

Quanto ao Integral Térmico, a situação é diferente da que se punha para o Salgueiro ou o Choupo, no que se refere aos cenários actual e futuro. A corrida do SISAP para o cenário actual, relativamente ao Integral Térmico, aponta para 101156 ha com aptidão elevada, mas 13550,4 ha classificam-se como de aptidão moderada. O factor limitante aqui não é a temperatura mínima, mas sim o próprio Integral Térmico, uma vez que só as regiões em que este é superior a 2200 graus-dia é que serão classificadas como de aptidão elevada. A situação altera-se quando analisamos o quadro-resumo do cenário futuro (Tabela 6.6), onde toda a área em estudo aparece como sendo de aptidão elevada para a cultura do *Miscanthus*. Isto acontece, como se disse anteriormente, porque as temperaturas médias (utilizadas como base de Cálculo do Integral Térmico) simuladas pelo HadRM3 para o cenário futuro são superiores às actuais.

Do total, e após a ponderação realizada pelo próprio SISAP, no cenário futuro aparecem 4422,7 ha com aptidão elevada para o *Miscanthus*, espalhados um pouco por toda a área de influência do EFMA.

Cardo (*Cynara cardunculus* L.)

Situação actual

Cardo VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	9255.1	0.0	105110
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	31521.8	23108.1	0.0	59850.7
IT	0.0	13156.4	13550.4	87999.9	0.0
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	45634.9	38104.8	30740.9	0.0
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.7 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Cardo.

O Cardo é uma das culturas para a qual se encontram mais estudos/ensaios realizados em Portugal, e muito próximos ou até mesmo na região em análise neste trabalho. Esse facto constituiu uma mais-valia para o tratamento dos dados e valores encontrados na bibliografia, mas também para a interpretação dos resultados.

Relativamente ao cenário actual, a aptidão da área de influência do EFMA é moderada em 30740,9 ha, espalhados essencialmente pelas áreas de Cuba, Ferreira do Alentejo e Aljustrel; reduzida em 38104,8 ha e nula em 45634,9 ha (correspondendo esta última a quase 40% do total). As classificações de aptidão reduzida e nula incidem sobre as áreas de Moura, Beja, Serpa e Reguengos de Monsaraz (ANEXO H).

Estes valores devem-se ao Integral Térmico, que surge aqui como factor mais limitante. De facto, para o cenário actual, não se chega, em caso algum⁴², a atingir o mínimo de 3500 graus-dia (de base 7°C) necessários à obtenção de produções máximas do Cardo, e consequentemente aptidão elevada da área em estudo. A temperatura mínima requerida pelo Cardo (para o seu crescimento e/ou desenvolvimento), i.é, 7°C encontra-se satisfeita para um período quase sempre igual ou superior a nove meses (requeridos para a obtenção de maiores produções), não sendo, portanto, factor limitante.

A espessura efectiva do solo também se apresenta como um factor limitante, pois o cardo tem raízes bem desenvolvidas, tal como as culturas anteriormente analisadas, necessitando de solos um pouco mais profundos. Também o grupo textural exerce aqui alguma influência, pois o Cardo prefere solos de textura mediana, não sendo bons os de textura arenosa ou argilosa, como muitos dos que ocorrem nesta área geográfica.

Cenário Futuro

Cardo VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	9255.1	0.0	105110
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	31521.8	23108.1	0.0	59850.7
IT	0.0	0.0	0.0	0.0	114706
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	33380.0	40085.5	36483.2	4531.9
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.8 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Cardo.

Na análise do quadro-resumo do cenário futuro, pode verificar-se que, em relação ao Integral Térmico, a situação é muito diferente daquela que se encontra para o cenário actual. De facto, para o cenário futuro, e dado que as temperaturas médias são superiores, obtém-se valores superiores aos 3500 graus-dia necessários na totalidade da área abrangida, colocando os 114706,6 ha na classificação de aptidão elevada.

Assim, e após a ponderação realizada pelo SISAP, surgem 4531,9 ha classificados como de aptidão elevada, na região de Aljustrel (ANEXO I). Por outro lado, uma parte das áreas correspondentes às regiões de Reguengos de Monsaraz, Moura, Cuba e Vidigueira, passam de aptidão nula/reduzidas reduzida/moderada (ANEXOS H e I).

⁴² Para as diferentes estações climatológicas.

Cana-do-reino (Arundo donax L.)Situação actual

Cana VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	342.1	753.5	63592.9	49792.0
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	191.6	31330.1	23108.1	59850.7
IT	0.0	12865.4	0.0	0.0	101841
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	15555.1	44327.3	53177.3	1420.9
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.9 - Quadro-resumo SISAP_Regadio para a Cana.

Para a Cana-do-reino, e para o cenário actual, a classe de aptidão que atinge maior área é a moderada, com 53177,3 ha, isto é, mais de 45% do total (Tabela 6.9). No entanto, uma outra parte da área geográfica em estudo, que assenta essencialmente sobre Beja, Serpa e Moura, possui aptidão reduzida. A área com aptidão nula é menor, sendo de 15555,1 ha espalhados por toda a área em estudo (ANEXO 9).

Analisando as tabelas 4.9, pode-se verificar que a espessura efectiva do solo tem muito peso no resultado final. A Cana-do-reino é uma cultura que possui rizomas longos e bem desenvolvidos e prefere solos mais profundos. Por outro lado, também o grupo textural coloca parte da área nas classes de aptidão reduzida ou moderada.

As temperaturas mínima e máxima não se apresentam limitantes do período de crescimento da cultura, mas o Integral Térmico não satisfaz em alguns casos os 3500 graus-dia (de base 5°C) necessários à obtenção de produções elevadas e consequentemente de classificação da área como de aptidão elevada.

Cenário Futuro

Cana VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	342.1	753.5	63592.9	49792.0
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	191.6	31330.1	23108.1	59850.7
IT	0.0	114706	0.0	0.0	0.0
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	114480	0.0	0.0	0.0
Area:	114706.7 ha				

Tabela 6.10 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para a Cana-do-reino.

A Cana-do-reino é, das culturas estudadas, aquela que apresenta maiores diferenças entre o cenário actual e o cenário futuro (Tabelas 6.9 e 6.10) e, curiosamente, no sentido da redução de aptidão da área geográfica para a realização da mesma, no futuro (ao contrário do que acontece com as outras culturas, para as quais a aptidão não se altera ou vê-se aumentada) (ANEXO 10). Isto sucede porque a cana é uma cultura relativamente sensível ao calor extremo (é uma cultura que habitualmente vemos em regiões costeiras ou ribeirinhas), e as temperaturas médias resultantes da simulação do HadRM3 para o cenário futuro são, muitas vezes, superiores aos 40°C máximos tolerados pela Cana-do-reino.

Painço (*Panicum virgatum* L.)

Situação actual

Painço VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	11997.3	39741.0	62626.8
Esp	226.0	677.1	11056.6	35661.3	67085.6
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	115.5	31406.2	0.0	82958.9
IT	0.0	0.0	0.0	114706	0.0
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	1511.8	50550.8	62418.0	0.0
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.11 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Painço.

Relativamente ao cenário actual (Tabela 6.11), a área de influência do EFMA não apresenta aptidão elevada para o Painço, sendo que quase 50% do total da área (50550,8 ha) está classificada como de aptidão reduzida (principalmente em Beja, Serpa, Moura Cuba e Ferreira do Alentejo) e 62418,0 ha como de aptidão moderada (ANEXO 11). O pH aparece como factor limitante, uma vez que o Painço prefere solos com pH entre 6,5 e 7,6 e muitos dos solos destas regiões têm valores de pH inferiores a 6,5 ou superiores a 7,6. Também a espessura de solo limita, em parte o desenvolvimento da cultura, colocando 35661,3 ha como sendo de aptidão moderada.

No que respeita ao Integral Térmico, este coloca toda a área na classe de aptidão moderada, uma vez que nem sempre os 2000 graus-dia necessários à obtenção das maiores produções se encontram satisfeitos para as diferentes estações climatológicas.

Cenário Futuro

Painço VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	11997.3	39741.0	62626.8
Esp	226.0	677.1	11056.6	35661.3	67085.6
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	115.5	31406.2	0.0	82958.9
IT	0.0	0.0	0.0	0.0	114706
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	1511.8	50550.8	38315.8	24102.2
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.12 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Painço.

Os resultados obtidos para o cenário futuro (Tabela 6.12) não diferem muito daqueles que se obtiveram para o cenário actual. Apenas o Integral Térmico sofre alteração, e toda a área em estudo passa a estar classificada como de aptidão elevada. No entanto, considerando a totalidade das restrições, apenas 2695,3 ha passam a ser catalogados como de aptidão elevada para a cultura do Painço, situando-se estes, essencialmente, na zona de Aljustrel (ANEXO 12).

Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)**Situação actual**

Kenaf VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	72941.3	0.0	0.0	41539.4
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	31521.8	27044.0	0.0	55914.9
IT	0.0	0.0	0.0	13550.4	101156
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	75473.5	15952.6	21343.9	1710.6
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.13 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para o Kenaf. (adaptado de SISAP)

O Kenaf mostrou ser, a cultura mais sensível às condições edafo-climáticas existentes na área de influencia do EFMA e, como tal, aquela para a qual a área correspondente à classe de aptidão nula é maior (75473,5 ha), ficando-se este valor a dever ao pH, já que o Kenaf é muito exigente e não tolera um amplo intervalo de pH, como acontece com as outras culturas. O Kenaf prefere solos com pH entre 6 e 7 e, como já foi referido anteriormente, muitos dos solos da região em estudo têm valores de pH que se situam acima ou abaixo daqueles valores.

Por outro lado, também a espessura efectiva de solo e o grupo textural tem influência no resultado final menos positivo no em termos de aptidão da área geográfica em estudo (Tabela 6.13).

Neste contexto, apenas as zonas da Vidigueira, Cuba e Reguengos de Monsaraz conseguiram áreas mais ou menos alargadas com uma classe de aptidão dominante moderada (ANEXO 13). Ainda assim, aparecem 1710,6 ha como sendo de aptidão elevada (Tabela 6.13).

Cenário Futuro

Kenaf VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	72941.3	0.0	0.0	41539.4
Esp	226.0	1924.9	45470.1	51189.2	15896.4
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	31521.8	27044.0	0.0	55914.9
IT	0.0	0.0	0.0	0.0	114706
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	75473.5	15952.6	18869.8	4184.7
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.14 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para o Kenaf. (adaptado de SISAP)

No cenário futuro, a situação não se altera muito, aumentando apenas ligeiramente a área que correspondente à classe de aptidão e elevada (Tabela 6.14). Isto deve-se ao contributo do Integral Térmico, que para o cenário actual se mostrava ligeiramente limitante, mas que para o cenário futuro não é restritivo, pelos mesmos motivos apontados para as outras culturas. A área que passa a possuir aptidão elevada no cenário futuro situa-se na região de Reguengos de Monsaraz (ANEXO 14).

Erva Purgueira (*Jatropha curcas* L.)

Situação actual

Jatropha VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	17507.7	0.0	96857.4
Esp	226.0	677.1	11056.6	35661.3	67085.6
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	31445.7	76.0	0.0	82958.9
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	32731.2	27266.3	7112.9	47370.2
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.15 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio para a Erva Purgueira. (adaptado de SISAP)

Cenário Futuro

Jatropha VAR	ND	NUL	RED	MOD	ELV
pH	226.0	115.5	17507.7	0.0	96857.4
Esp	226.0	677.1	11056.6	35661.3	67085.6
Cond	226.0	115.5	0.0	0.0	114365
GTextura	226.0	31445.7	76.0	0.0	82958.9
Declive	0.0	891.7	0.0	0.0	113815
TOTAL	226.0	32731.2	27266.3	7112.9	47370.2
Area:	114706.6 ha				

Tabela 6.16 – Quadro-resumo do SISAP_Regadio_futuro para a Erva Purgueira. (adaptado de SISAP)

A Erva Purgueira, apesar de ter sido uma das culturas para a qual se encontrou maior número de referências bibliográficas, descrições botânicas da cultura e mesmo valores relativos às exigências edafo-climáticas, foi aquela para a qual a pesquisa relativa ao Integral Térmico foi mais difícil, traduzindo-se por poucos ou nenhuns estudos que apontasse localizações geográficas concretas onde se tenham registado as respectivas produções, para que se pudesse encontrar uma relação Integral Térmico/Produção, à semelhança do que se fez para as restantes culturas.

Assim, nas Tabelas 6.15 e 6.16 não se faz referência ao Integral Térmico; como tal, o cálculo da aptidão aqui centrou-se nas condições edáficas, para as quais os resultados são os demonstrados nos ANEXOS 15 e 16. Uma vez que os resultados apenas tem em conta as condições edáficas, são iguais quer para o cenário actual, quer para o cenário futuro. De acordo com as Tabelas 6.15 e 6.16, a uma boa parte da área (47370,28 ha) encontra-se na classe de aptidão elevada, enquanto 32731,2 ha estão na classe de aptidão nula (incidindo sobre as regiões de Beja e Serpa). Os factores limitantes são a espessura de solo e o grupo textural. Ao analisar isoladamente a influência do grupo textural no resultado final pode-se verificar que este coloca 32731,2 ha como sendo de aptidão nula, o que na prática corresponde aos solos de textura mais pesada (argilosos).

7. Conclusões

O SISAP mostrou ser uma ferramenta trabalho útil e muito prática de quando se pretende fazer uma primeira abordagem relativamente à aptidão cultural de determinada área geográfica, neste caso concreto da zona de influência do EFMA.

Relativamente às oito culturas estudadas nenhuma se apresenta como sendo ideal para realizar na área de influência do EFMA, no cenário actual. As áreas que revelaram aptidão elevada para uma ou outra cultura são diminutas. De entre todas as culturas, a que apresenta maior área na classe de aptidão elevada é o Salgueiro (3505 ha), seguida pelo *Miscanthus* (1914 ha).

No entanto, uma área bem mais abrangente apresenta aptidão moderada para as várias culturas. Só para a cultura do Kenaf, a área designada como tendo aptidão moderada é inferior a 30000 ha, o que se deve, à maior sensibilidade e maiores exigências edafo-climáticas desta cultura. Seguem-se o Cardo e o Choupo, que também apresentam áreas relativamente pequenas na classe de aptidão moderada.

De acordo com os resultados encontrados, o Salgueiro e o *Miscanthus* são aquelas que se poderão realizar com maior sucesso na zona de influência do EFMA, com áreas de aptidão moderada bastante razoáveis (correspondendo a metade, no caso do Salgueiro, ou mesmo a mais de metade do total da área em estudo, como no caso do *Miscanthus*).

Ao comparar os resultados obtidos para o cenário actual e para o cenário futuro, pode concluir-se que no futuro poder-se-ão obter melhores produções para a grande maioria das culturas, uma vez que uma parte da área catalogada, no cenário actual, como sendo de aptidão moderada, passa a estar inserida na classe de aptidão elevada. De acordo com a simulação feita pelo HadRM3, tal dever-se-á sobretudo a um aumento da temperatura média anual.

A excepção é a cultura da Cana-do-reino, que apresenta aptidão nula para toda a área estudada no cenário futuro, o que se deve precisamente ao aumento da temperatura média simulado pelo HadRM3 e que se mostra prejudicial para esta cultura.

8. Referências Bibliográficas

- Albritton, D.L., Filho, L.G.M., Cubasch, U., Dai, X., Ding, Y., Griggs, D.J., Hewitson, B., Houghton, J.T., Isaksen, I., Karl, T., McFarland, M., Meleshko, V.P., Mitchell, J.F.B., Noguer, M., Nyenzi, B.S., Oppenheimer, M., Penner, J.E., Pollonais, S., Stocker, T., e Trenberth, K.E., 2001. Technical Summary In Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, J.T., Houghton, Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X.Dai, K.Maskell e C.A. Johnson (ed(s).), pp 21-83. Cambridge University Press, Cambridge, UK e New York, USA.
- Andrade, F. J. L., 1978. Estudo prévio de industrialização da Purgueira (*Jatropha curcas L.*) em Cabo Verde, ISA-UTL. Lisboa.
- Angelini, L.G., Ceccarine, L., Bonari, E., 2005. Biomass yield and energy balance of giant reed (*Arundo donax L.*) cropped in central Italy as related to different management practices. European Journal of Agronomy, 22: 375-389.
- Baede, A.P.M., Ahlonsou, E., Ding, Y., e Schimel, D., 2001. 1. The Climate System: an Overview. In Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, J.T., Houghton, Y., Ding, D.J., Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell e C.A., Johnson, (ed(s).), pp 85-98. Cambridge University Press, Cambridge, UK, e New York, USA.
- Baião, A., 2004. As culturas energéticas no âmbito da PAC, Revista Espaço Rural, CONFRAGI.
- Barnéound, C., Bonduelle, P., Dubois, J.M., 1982. "Manuel de populiculture", AFOGEL, Paris."
- Bassam, N.El, Roma, 1996. Renewable energy – potencial energy crops for Europe and yhe Mediterranean region. FAO.
- Bassam, N. El. 1998. Braunschweig. Energy Plant Species – their use and impact on environment and development. Disponível em: <http://books.google.pt/books?id=QDS8URpY4zYC&pg=PA204&lpg=PA204&dq=bassam+populus&source=web&ots=dKF7Liq34C&sig=a2AVLMpWizvMBTTHJxAq-ANtEJ4&hl=pt-PT#PPR6.M1>
- Berger, J., 1969. The World's Major Fibre Crops their Cultivation and Manuring, Centre d'Etude de l'Azote, Switzerland. pp 227-230.
- Brandão, A.M.C.A., 2007. Alterações climáticas na Agricultura Portuguesa: instrumentos de análise, impactos e medidas de adaptação. Tese de Doutoramento em Engenharia Agrónoma, Universidade Técnica de Lisboa, Instituto Superior de Agronomia. Lisboa.
- Calle S.M., Gómez J.E., *Populus nigra*. Disponível em: <http://waste.ideal.es/alamonegro.htm>. Acesso em 8 de Março de 2008.

- Candilo, M. Di, Faeti, V., 1990. Kenaf: Caratteristiche, importanza e indicazioni di tecniche colturali, L'informatore agrario. Verona. pp 47-50.
- CAP, 2007, As culturas energéticas em Portugal e na Europa – A visão dos agricultores.
- Čásová, K., Javorská, H., Thériault, F., Tucker, M., Gulholm-Hansen, T., 2003. The Potential for Perennial Grasses as Energy Crops in Organic Agriculture, The Royal Veterinary and Agriculture University. Denmark. Disponível em: http://www.kursus.kvl.dk/shares/ea/03Projects/32gamle/2003/perennial_grasses.pdf. Acesso em: 15 de Abril de 2008.
- Christian, D.G. e Haase, E. (2001) Agronomy of *Miscanthus*. In: Jones, M.B. e Walsh, M. (ed(s)), *Miscanthus for energy and fiber*, James & James (Science Publishers) Ltd, Londres, Reino Unido, pp 21-45.
- Christou, M., 2000a, Giant Reed in Europe, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry. James and James, V II. pp 2089 – 2091.
- Christou, M., Mardikis, M., Kyristis, S., Cosentino, S., Jodice, R., Vecchiet, M., Gosse, G., 2000b, Screening of *Arundo donax* populations in South Europe, 1st World Conference on Biomass for Energy and Industry. James and James, V II. pp 2048 – 2051.
- Clifton-Brown, J.C., Long, S.P. e Jørgensen, U., 2001. *Miscanthus* productivity. In: Jones, M.B. e Walsh, M. (ed(s)), *Miscanthus for energy and fibre*, James & James (Science Publishers) Ltd, Londres, Reino Unido, pp 46-67.
- Coelho, J. C., 2007, Os Créditos de Carbono, Gazeta das Aldeias. pp 21-25.
- Comissão das Comunidades Europeias, Bruxelas, 2006. LIVRO VERDE: Estratégia europeia para uma energia sustentável, competitiva e segura. Disponível em: http://www.energiasrenovaveis.com/docs/livro_verde_pt.pdf. Acesso em 11 de Outubro de 2007.
- Commission on geosciences and environment and resources (ed(s).), 2001. Climate Change Science: An Analysis of Some Key Questions. National Academy Press. Washington D.C., USA. 29 pp.
- Correia, M. J. S., 2005. Conservação e caracterização morfológica de *Jatropha curcas* L., Relatório de final de curso de Engenharia Agrónoma. ISA-UTL. Lisboa.
- Dalianis, C.D., 1996. Renewable energy – potential energy crops for Europe and the Mediterranean region. El Bassam (ed.). Rome, FAO.
- Danalatos, N.G., Archontoulis, S.V., 2004. Influence of plant density and N-fertilisation on the growth and biomass productivity of *Miscanthus sinensis* under central Greek conditions, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection, Roma.
- Danalatos, N.G., Tsiboukas, K., Archontoulis, S.V., Giannoulis, K.G., Rozakis, S., 2007. *Miscanthus* and *Cynara* as alternative energy crop for solid bio-fuel production under new CAP conditions in Central Greece. 15th European Biomass Conference & Exhibition, Berlin.
- Defra, 2007. Planting and Growing *Miscanthus* - Best Practice Guidelines for application to Defra's Energy Crop Scheme. Disponível em:

- <http://www.defra.gov.uk/erdp/pdfs/ecs/miscanthus-guide.pdf>. Acesso em 30 de Novembro de 2007.
- Deghan, B., Webster, G.L., 1979. Morphology and infrageneric relationships of the genus *Jatropha* (Euphorbiaceae) pp 73 + plates pb Botany vol 74. University of California Press Berkely. Los Angeles.
- Duke, J. A., 1983. *Populus deltoides* Bartr. ex Marsh – Salicaceae Eastern cottonwood. Handbook of Energy Crops. Disponível em: <http://www.jatropha.de>. Acesso em: 15 de Abril de 2008.
- El Cultivo de la alcachofa. Disponível em: <http://www.infoagro.com/hortalizas/alcachofa.htm>. Acesso em 29 de Fevereiro de 2008.
- Elbersen, H. W., Bakker, R.R., Elbersen, B.S., 2005. A simple method to estimate practical field of biomass grasses in Europe, 14th European Biomass Conference. Paris.
- Fact Fondation, 2007. *Jatropha* handbook - First Draft. Disponível em: www.fact-fuels.org. Acesso em: 15 de Novembro de 2007.
- FACT Newsletter 4, 2007. Fact Foundation. Disponível em: www.fact-fuels.org. Acesso em: 15 de Novembro de 2007.
- Fernández, J. 2003. El Cardo (*Cynara cardunculus*) un ejemplo de cultivo energético de alta eficiencia en el uso del agua. Jornada sobre agua y desarrollo sostenible.
- Fernández, J. 2006. El cardo, un cultivo de secano para producción de biocombustibles. Disponível em: <http://www.eumedia.es/user/articulo.php?id=256>. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2008.
- Fernando, A.L., Oliveira, J.F.S., Caracterização do potencial da planta *Miscanthus x giganteus* em Portugal para fins energéticos e industriais. GDEH/UBIA. FCT/UNL.
- Gírio, F., 2008. Biofuels: Eu policy and production Technologies. INETI.
- Gominho J., Pereira, H. (sem data) O cardo (*Cynara cardunculus* L.) uma planta multiusos.
- Gominho, J., Pereira, H, 1995. O cardo – uma matéria-prima para a pasta de papel. III Congresso Florestal Nacional – Os recursos florestais no desenvolvimento rural. Actas 2. Figueira da Foz. pp 427-440.
- González, J.F., 1996. Renewable energy – potencial energy crops for Europe and the Mediterranean region. El Bassam (ed.). Roma, FAO.
- Greef, J.M., M. Deuter, 1993. Syntaxonomy of *Miscanthus x giganteus* GREEF et DEU. Angew. Bot. 67. pp 87–90.
- Greef, J.M., M. Deuter, C. Jung, and J. Schondelmaier, 1997. Genetic diversity of European *Miscanthus* species revealed by AFLP fingerprinting. Genetic Resources and Crop Evolution 44:185–195.
- Grubben, G.J.H., Denton, O.A., 2004. *Hibiscus cannabinus* L., PROTA 2: Vegetables/Légumes. Wageningen, Netherlands. Disponível em: http://database.prota.org/PROTAhtml/Hibiscus%20cannabinus_En.htm. Acesso em 16 de Abril de 2008.

- Günthart-Goerg, Madeleine S., *Populus nigra* L. Disponível em: <http://www.gva.es/ceam/ICP-forests/htmlspecies/populus.htm>. Acesso em 8 de Março de 2008.
- Guilman, E. F., Watson, D. G., 1994. *Salix spp.* Weeping willow, Forest service – Department of Agriculture. Disponível em: <http://hort.ufl.edu/trees/SALSPPA.pdf>. Acesso em 9 de Abril de 2008.
- Heller, J., 1996. Physic nut – *Jatropha curcas* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. IPGRI. Roma.
- Herrera, A.M., Dudley, T.L., 2003. Biological Invasions. Reductions of riparian arthropod abundance and diversity as a consequence of giant reed (*Arundo donax*) invasion. pp 167-177. Kluwer Academic Publishers. Disponível em: http://www.teamarundo.org/ecology_impacts/Herrera_Dudley_2003.pdf. Acesso em: 4 de Março de 2008.
- Hidore, J.J, e Oliver, J.E., (ed(s).), 1993. Climatology. Na Atmospheric Science. Macmillan Publishing Company, New York, USA, 423 pp.
- IPCC, 2002. Special Report on Emission Scenarios. N. Nakicenovic e R. Swart (ed(s).). Disponível em <http://www.grida.no/climate/ipcc/emission/index.htm>. Acesso em 12 de Outubro de 2008.
- IPCC, 2007a. Working Group II Report – “Impacts, Adaptation and Vulnerability”. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>. Acesso em 24 de Abril de 2008.
- IPCC, 2007b. Working Group III Report - "Mitigation of Climate Change". Disponível em: <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg3.htm>. Acesso em 24 Abril de 2008.
- Long, S.P. e Beale, C.V., 2001. Resource capture by *Miscanthus*. In: Jones, M.B. e Walsh, M. (eds), *Miscanthus for energy and fiber*, James & James (Science Publishers) Ltd. Londres, Reino Unido, pp 10-20.
- Mearns, L.O., 2000. 2 – Climatic Change and Variability. In *Climate Change and Global Crop Productivity*, K.R. Reddy e H.F. Hodges (ed(s).), pp 7-35. CABI Publishing, Wallingford, UK.
- Menarini, M., Baschieri, T., Filippini, P., Maccaferri, G., 1990. Kenaf: Produzione e trasformazione industriale. , L'informatore agrario. Verona. pp 54-58.
- Nogués, F.S., 2003. Cultivos energéticos – El regadío, presente y futuro en Aragón. Fundación Circe. Disponível em: http://antalya.uab.es/icta/activitats/doc_seminaris_06_07/Seminaris_Master/CP-0302-1_sebastian_2.pdf. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2008.
- Pachauri, R. K., 2007. IPCC Fourth Assessment Report. Syntesis Report. Disponível em: <http://www.ipcc.ch/pdf/presentations/valencia-2007-11/pachauri-17-november-2007.pdf>. Acesso em: 07 de Janeiro de 2008.
- Painel Ecas, 2006. Ecas - culturas energéticas no Espaço Atlântico: oportunidades de implementação em larga escala. AFLOPS. Lisboa. Disponível em: <http://www.aflops.pt/content/index.php?action=detailfo&rec=224>. Acesso em: 4 de Março de 2008.

- Peixoto, J.P., 1987. O homem, o clima e o ambiente. II – As variações do clima e o ambiente. Ministério do Planeamento e da Administração do Território. Secretaria do Ambiente e dos Recursos Naturais. Lisboa, Portugal, 127 pp.
- Pinto, M.M.M.F., 1993. O kenaf: alguns aspectos do seu cultivo e tecnologia, Ministério do Planeamento e administração do território, Instituto de Investigação Científica Tropical, CEPTA. Lisboa.
- PNAC 2006 - Programa Nacional para as Alterações Climáticas
- Portal Agroprofesional. La alcachofa – informe técnico. 2002. Disponível em: <http://www.agroprofesional.com/informe.php?id=1329&comu=&ztipo=1&ini=0>. Acesso em: 27 de Fevereiro de 2008.
- Portal Biodieseltoday, 2007. Why Jatropa. Disponível em: www.biodieseltoday.com/whyjatropa.htm. Acesso em: 22 de Novembro de 2007.
- Portal Infoagro. El Cultivo de la alcachofa. Disponível em: <http://www.infoagro.com/hortalizas/alcachofa.htm>. Acesso em: 29 de Fevereiro de 2008.
- Portal reuk, 2007. Jatropa for Biodiesel Figures. Disponível em: www.reuk.co.uk. Acesso em: 22 de Novembro de 2007.
- Pyter, R., Voigt, T., Heaton, E., Dohleman, F., Long, S., Growing Giant Miscanthus in Illinois, University of Illinois. Disponível em: <http://www.miscanthus.uiuc.edu/wp-content/uploads/growersguide.pdf>. Acesso em 3 de Dezembro de 2007.
- Ravagan, G.M., 2001. Kenaf – *Hibiscus cannabinus* L., Crop Production in Tropical Africa, DGIC. Bruxelas. pp 1071-1076.
- Robinson, F.E., 1988. Kenaf: a new fibre crop for paper production. California Agriculture Berkeley, 42 (5) (in *Abst. Trop. Agric.*, Amsterdam, 15 (4), 1990, 70482). pp 31-32.
- Santos, F.D., 2006. 1 – Problemática das alterações climáticas no início do século XXI. In Alterações Climáticas em Portugal. Cenários, Impactos e Medidas de Adaptação. Projecto SIAM II, F.D. Santos e P. Miranda (ed(s)). Gradiva, Lisboa, Portugal. Pp 17-43.
- Sharma, N., Piscioneri, I., Pignatelli, V., 2004. Long term Studies on the production of *Miscanthus x giganteus* in Italy, 2nd World Conference on Biomass for Energy, Industry and Climate Protection. Roma.
- Silzer, T. Panicum virgatum L.. Disponível em: <http://www.usask.ca/agriculture/plantsci/classes/range/panicum.html>. Acesso em 18 de Abril de 2008.
- Simões, M. P., 2006. Relatório de final de curso de Engenharia Agronómica. Avaliação do potencial produtivo da planta *Miscanthus x giganteus*. ISA-UTL. Lisboa.
- Sousa, J., 2008. “Preço do petróleo: onde irá parar?”, Artigo de opinião publicado no jornal “Diário Económico” de 26/05/2008.
- Thériault, F., Čásová, K., Javorská, H., Tucker, M., Gulholm-Hansen, T., 2003. The Potential for Perennial Grasses as Energy Crops in Organic Agriculture, The Royal Veterinary and

- Agriculture University. Denmark. Disponível em: http://www.kursus.kvl.dk/shares/ea/03Projects/32gamle/2003/perennial_grasses.pdf. Acesso em: 15 de Abril de 2008.
- Tristany M. e Coelho J.C., 2004. SISAP – Sistema de Apoio à Determinação da Aptidão Cultural. Instituto Superior de Agronomia – Secção de Agricultura.
- TSEC Biosys, Willow (*Salix spp.*). Disponível em: <http://www.tsec-biosys.ac.uk/index.php?p=8&t=1&ss=2>. Acesso em 8 de Março de 2008.
- Tuck, G., Glendining, M.J., Smith, P., House, J.I., Wattenbach, M., "006. The potential distribution of bioenergy crops in Europe under present and future climate. *iomass and Bioenergy*. Volume 30. pp 183-197.
- UE, 2002. Decisão 2002/358/CE do Conselho, de 25 de Abril de 2002, relativa à aprovação, em nome da Comunidade Europeia, do Protocolo de Quioto da Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre as alterações climáticas e ao cumprimento conjunto dos respectivos compromissos. Disponível em: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:32002D0358:PT:HTML>. Acesso em 23 de Outubro de 2007.
- UE, 2007. Comunicação da Comissão ao Conselho, ao Parlamento Europeu, ao Comité Económico e Social Europeu e ao Comité das Regiões - Limitação das alterações climáticas globais a 2 graus Célsius - Trajectória até 2020 e para além desta data. Disponível em: http://eur-lex.europa.eu/smartapi/cgi/sga_doc?smartapi!celexplus!prod!DocNumber&lg=pt&type_doc=COMfinal&an_doc=2007&nu_doc=2. Acesso em: 23 de Outubro e 2007.
- UNEP, 2003. Climate Change – information kit. Disponível em: <http://www.unep.org/Themes/climatechange/PDF/infokit2003-E.pdf>. Acesso em 12 de Outubro de 2007.
- UNFCCC, 1998. Protocolo de Quioto. Disponível em: http://www.energiasrenovaveis.com/docs/Protocolo_Quioto_ing.pdf. Acesso em 23 de Outubro de 2007.
- USDA, 2001. Natural Resources Conservation Service, Technical notes, Boise, Idaho. Pp 4-5. Disponível em: <http://plants.usda.gov/pmpubs/pdf/idpmctn370101.pdf>. Acesso em 7 de Março de 2008.
- USDA, 2008. <http://plants.usda.gov/java/charProfile?symbol=ARDO4>. Acesso em: 4 de Março de 2008.
- Vivas, M.J.C., Augusto, I.G., 1994. O kenaf (*Hibiscus cannabinus*): cultura alternativa?, Melhoramento. Volume 33. pp 629-636.
- Vries, E., 2007. Future of biodiesel? A look at the potential benefits of *Jatropha*. Fact Foundation.

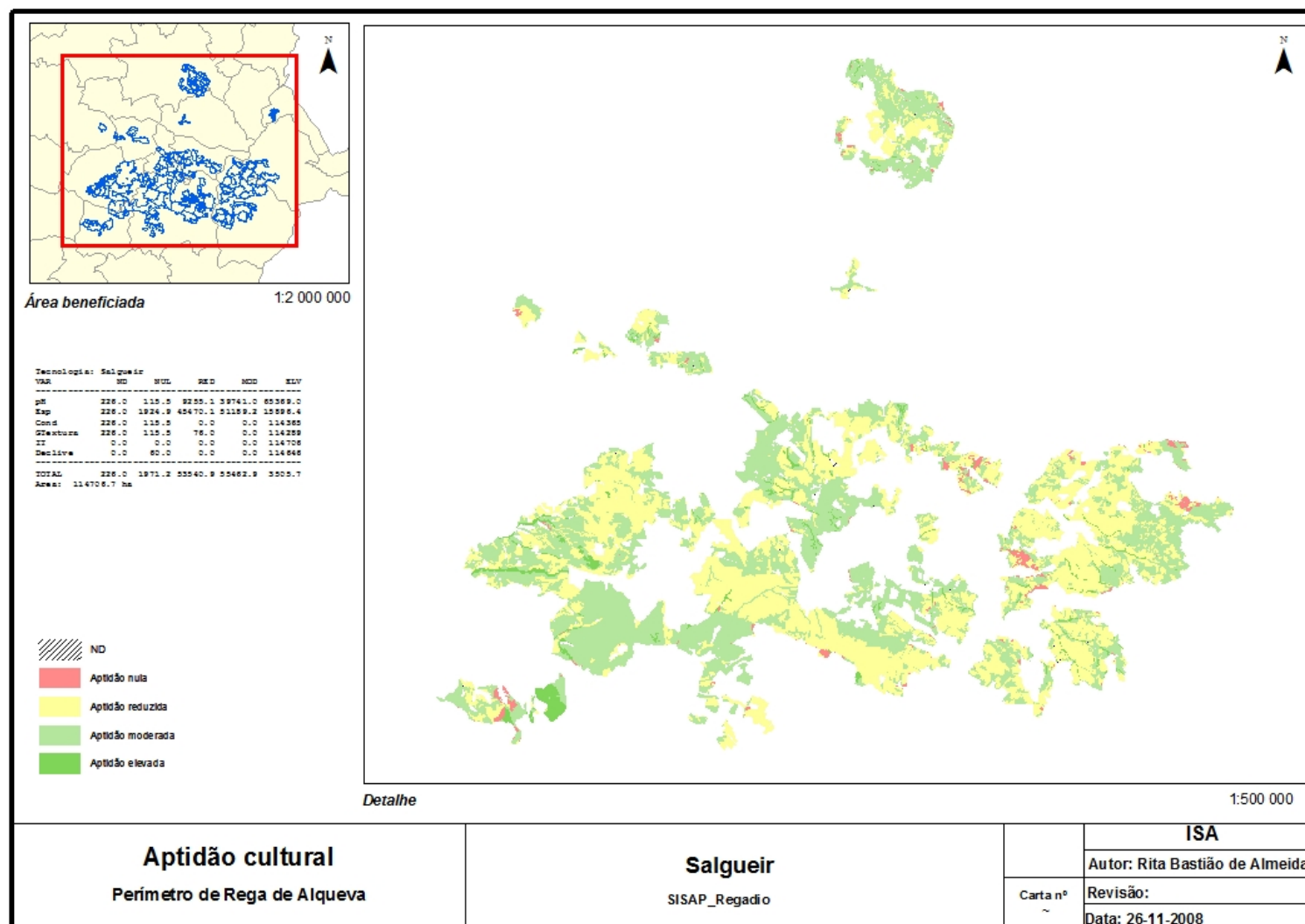
Sites consultados:

www.bical.net. Acesso em: 29 de Novembro de 2007.

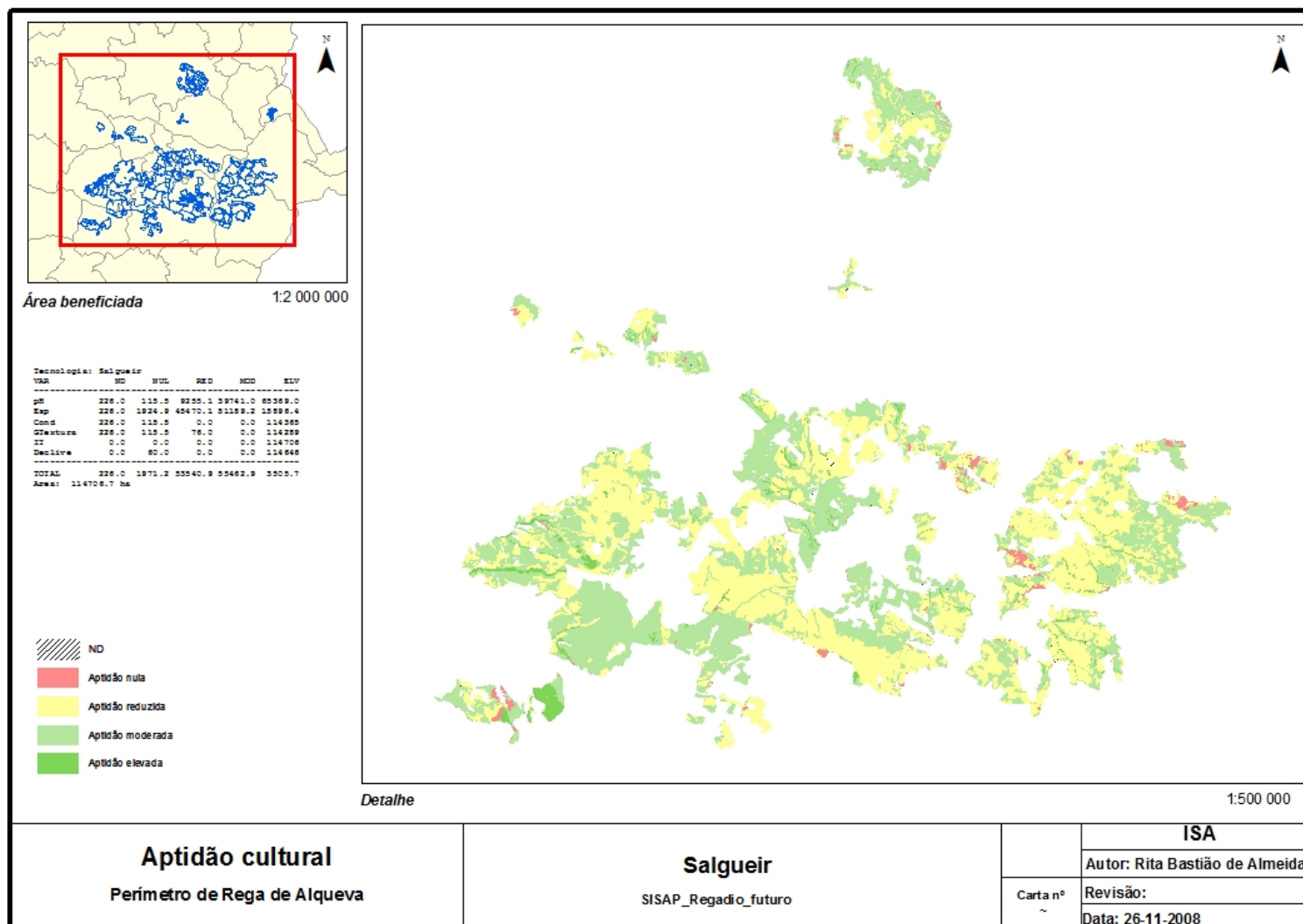
www.edia.pt

ANEXOS

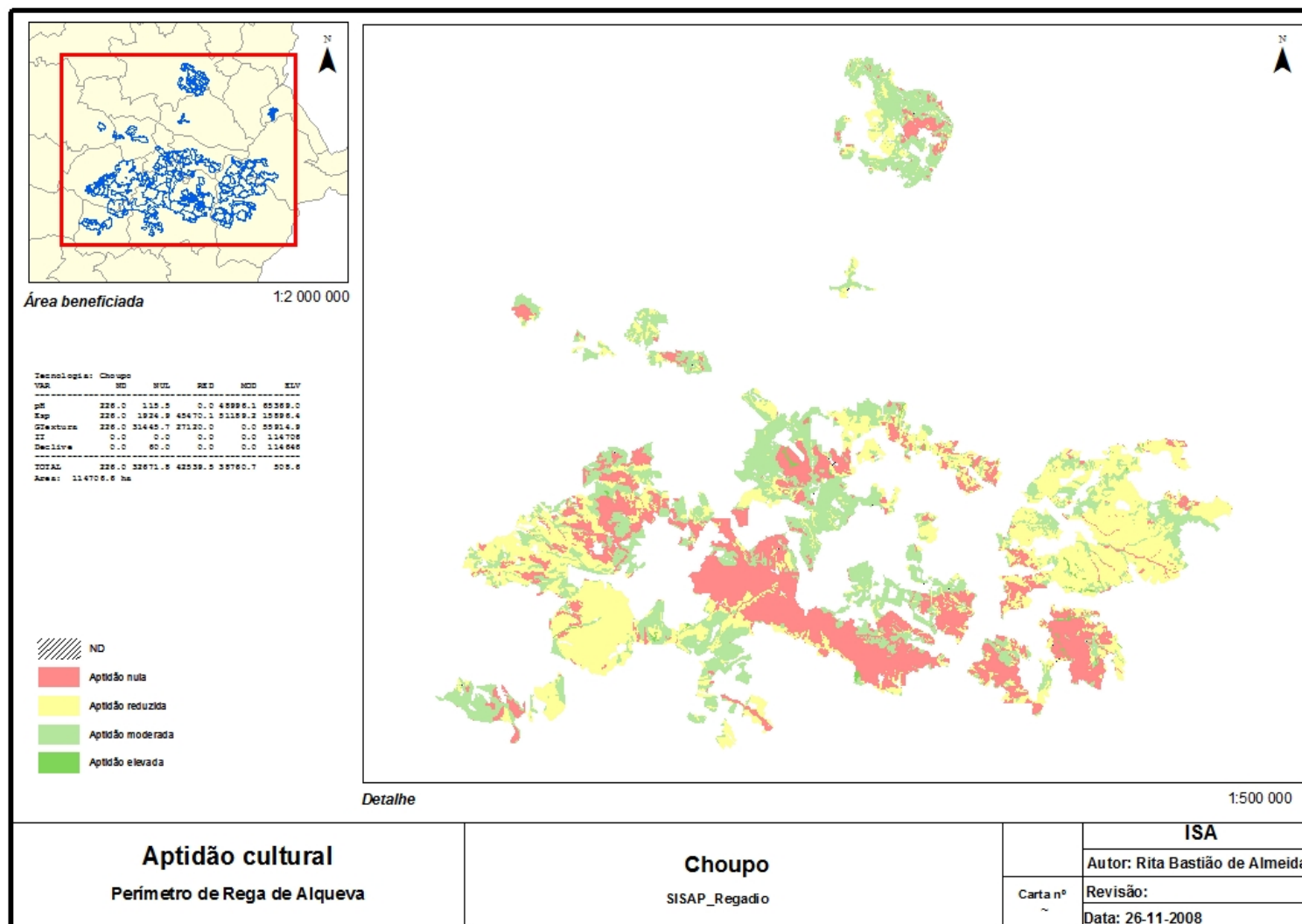
ANEXO 1 – Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Salgueiro (*Salix* spp.)



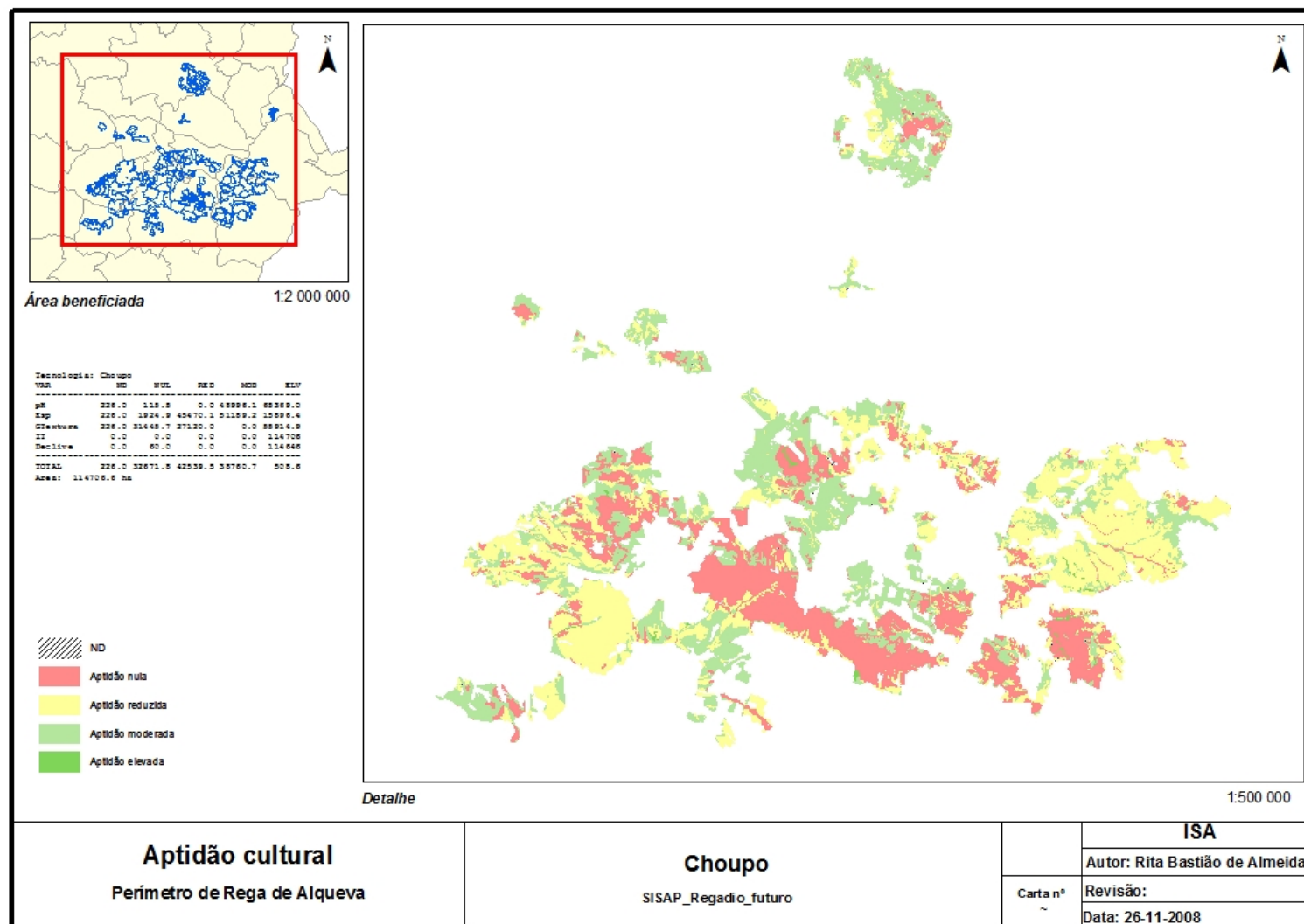
ANEXO 2 – Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Salgueiro (*Salix spp.*)



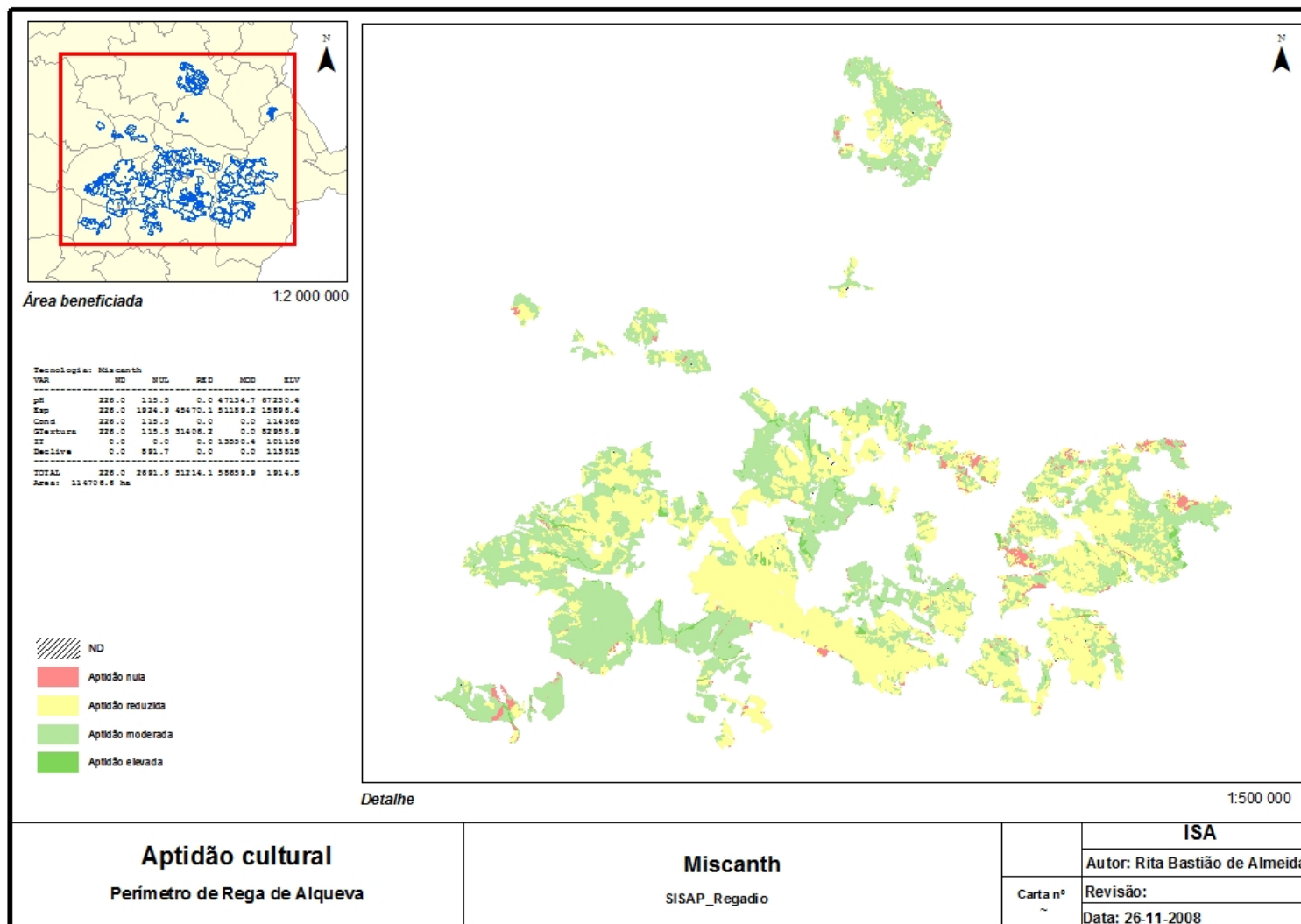
ANEXO 3 – Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Choupo (*Populus spp.*)



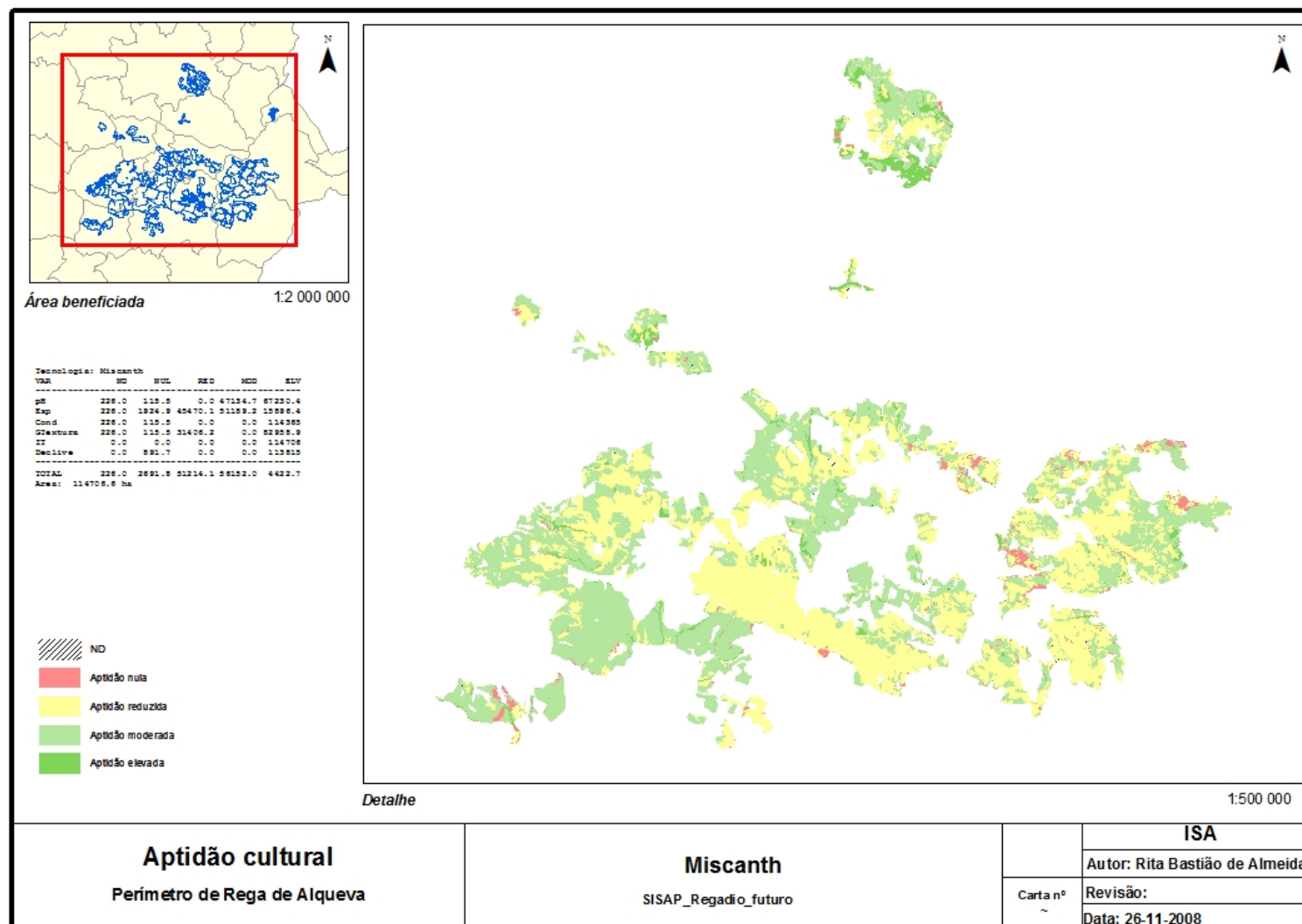
ANEXO 4 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Choupo (*Populus spp.*)



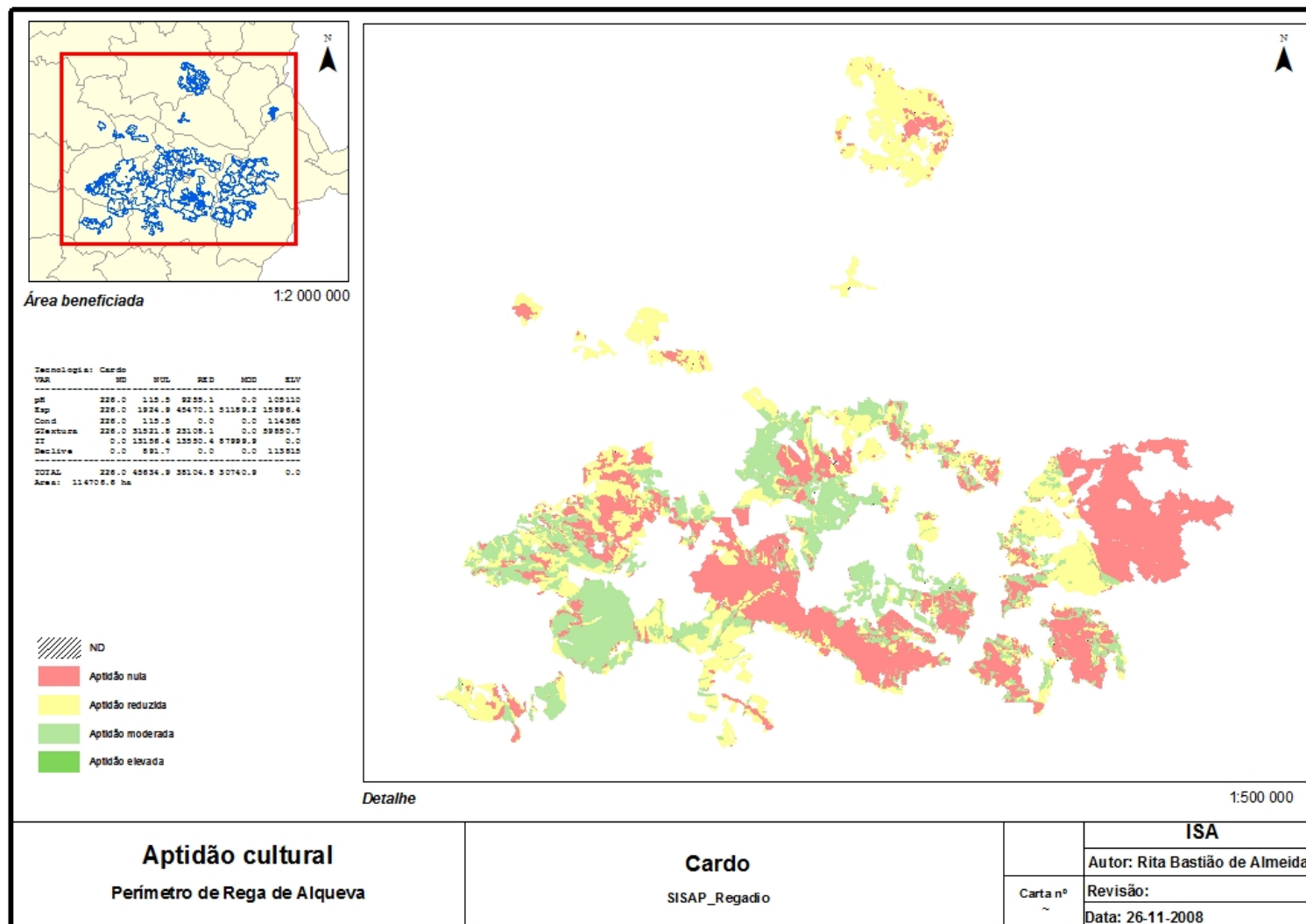
ANEXO 5 - Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Miscanthus (*Miscanthus x giganteus* Greef & Deu.)



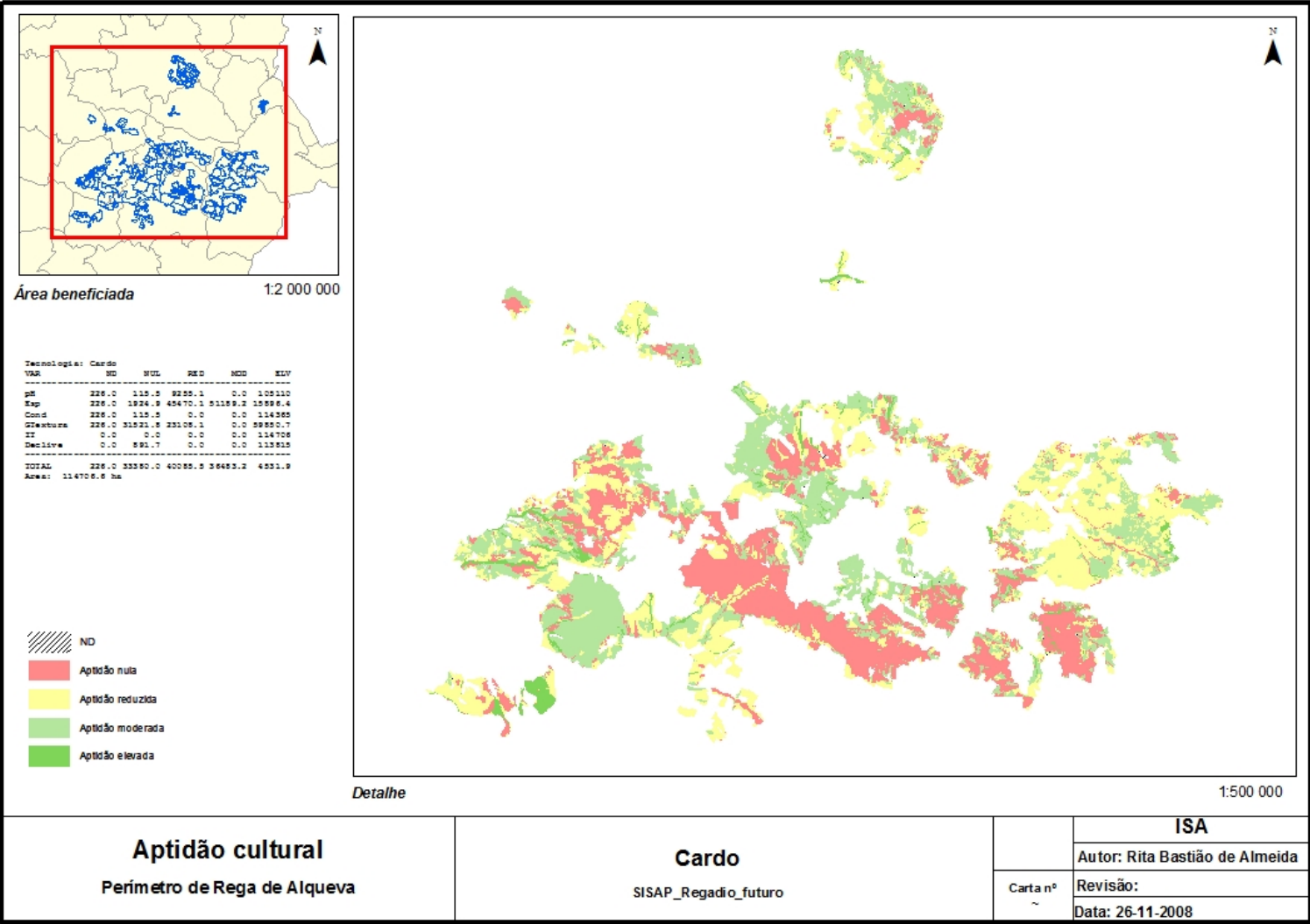
ANEXO 6 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Miscanthus (Miscanthus x giganteus Greef & Deu.)



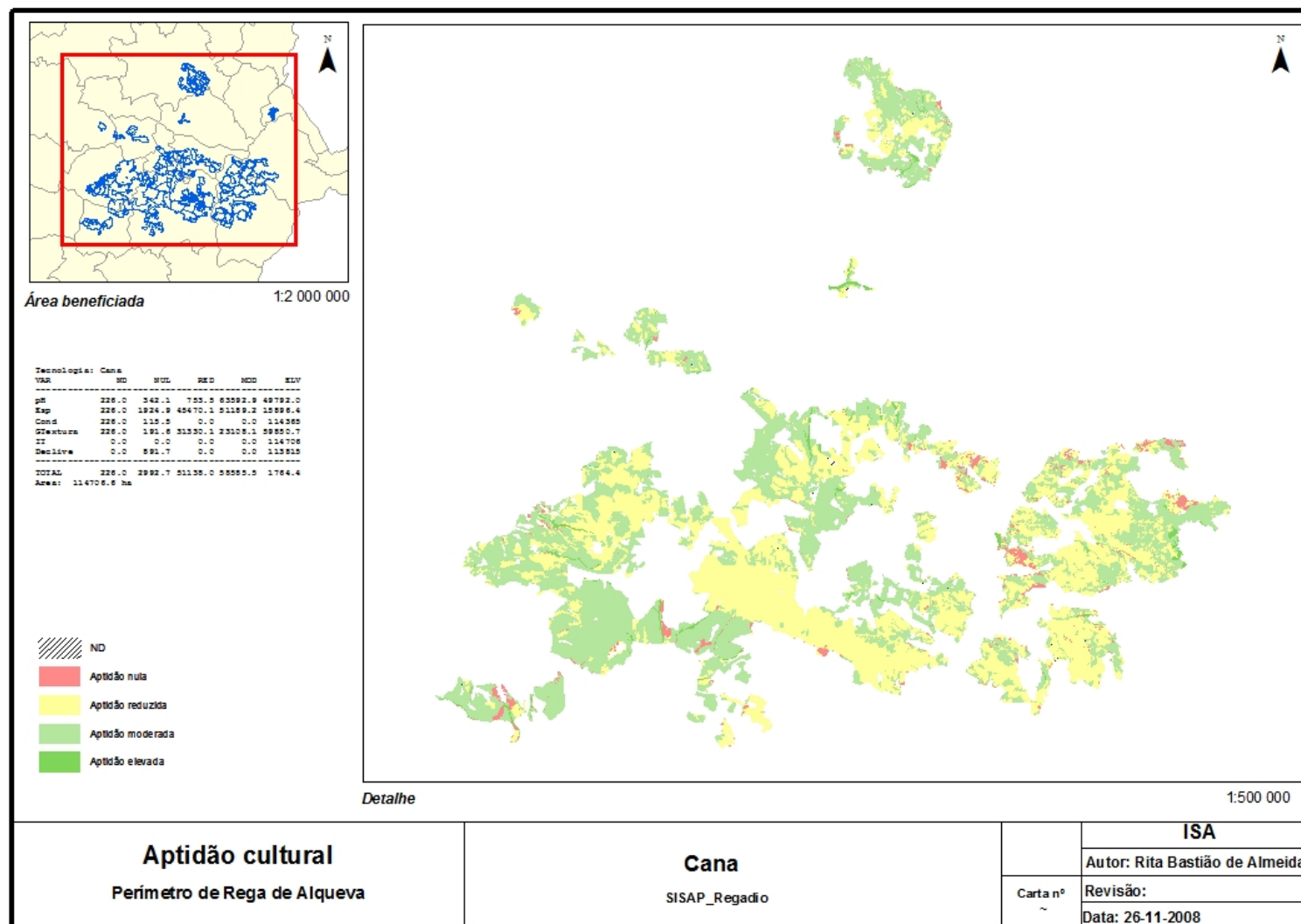
ANEXO 7- Mapa de saída do SISAP_Regadio Cardo (*Cynara cardunculus* L.)



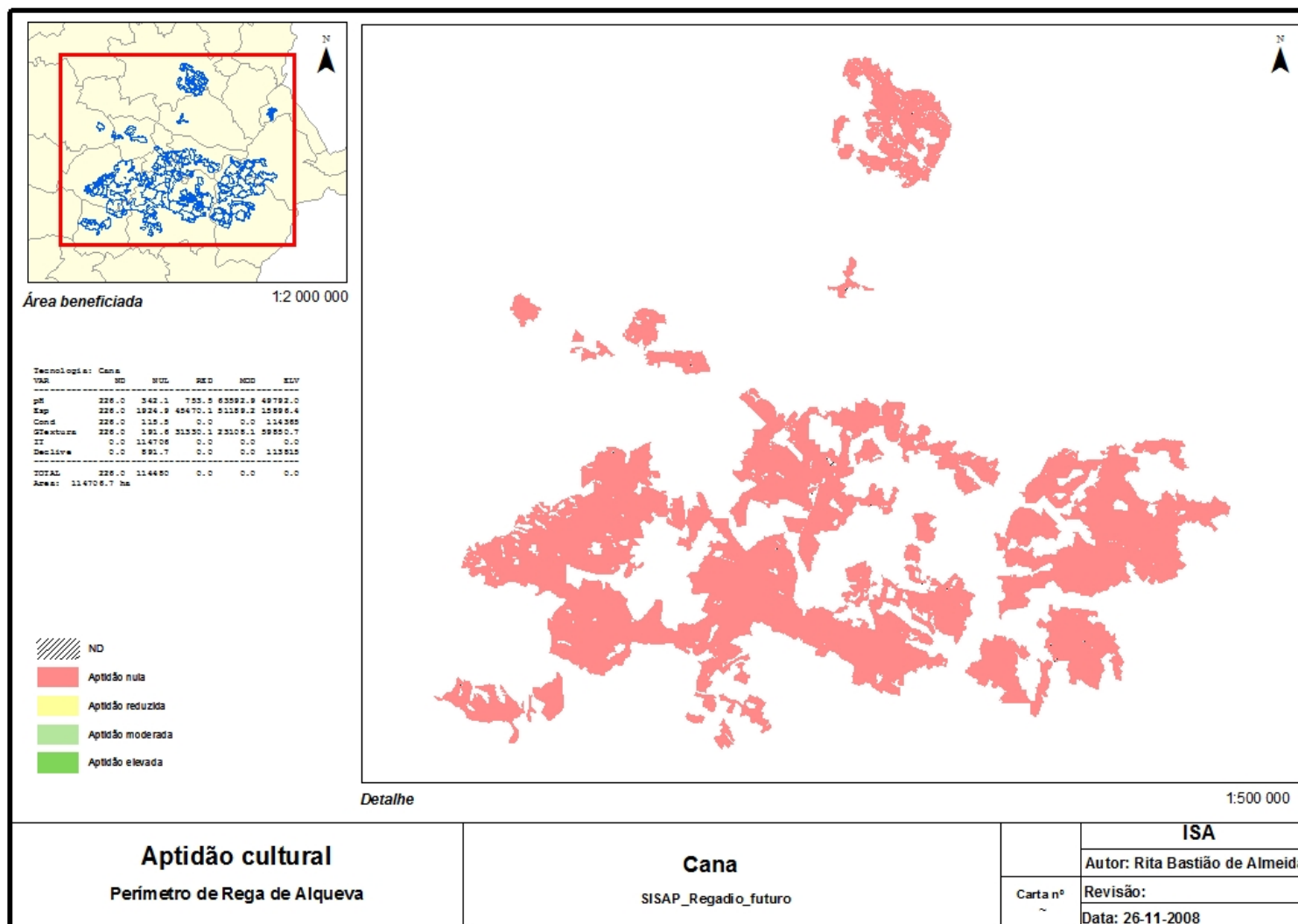
ANEXO 8 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Cardo (*Cynara cardunculus* L.)



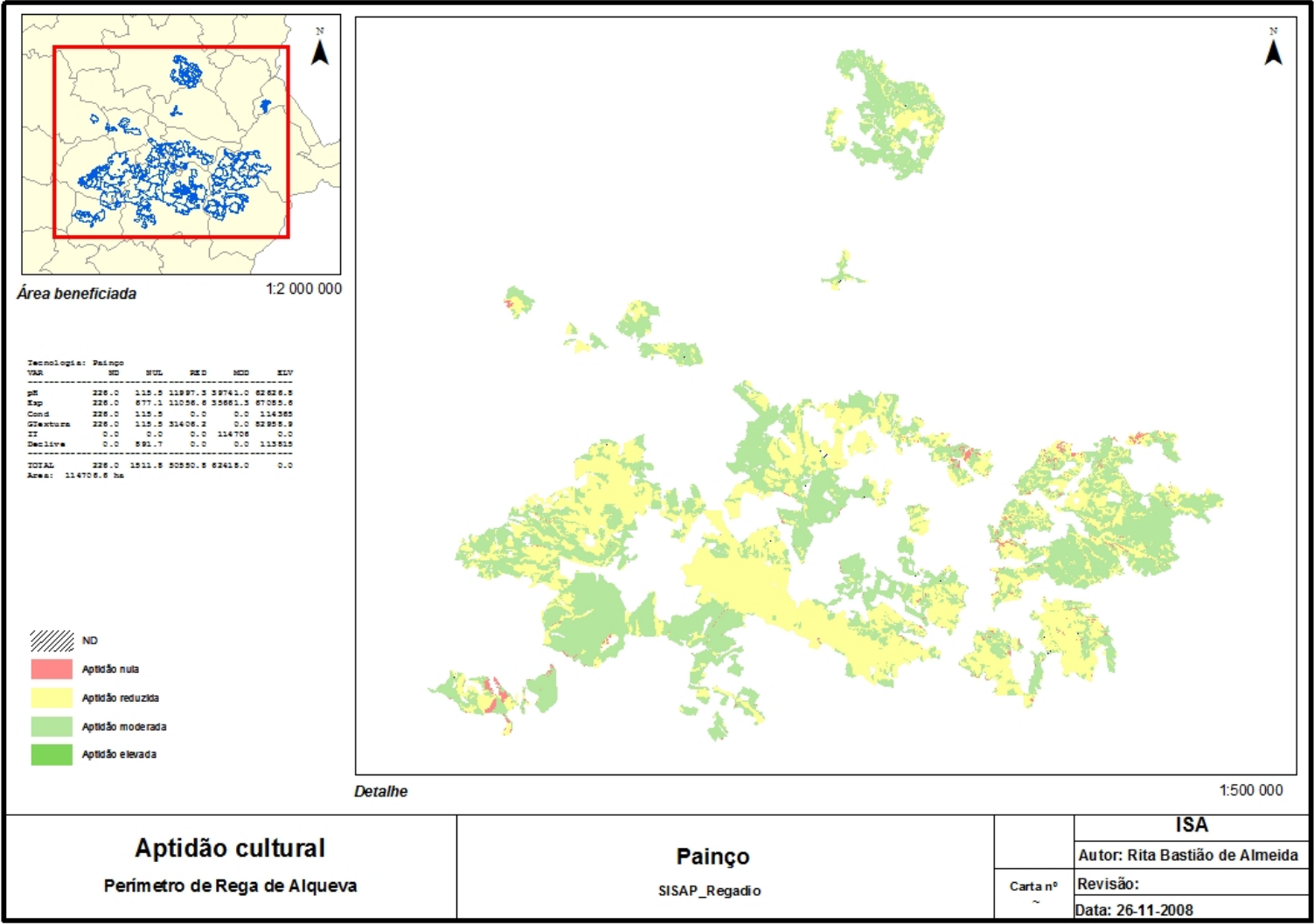
ANEXO 9 - Mapa de saída do SISAP_Regadio para a Cana-do-reino (*Arundo donax* L.)



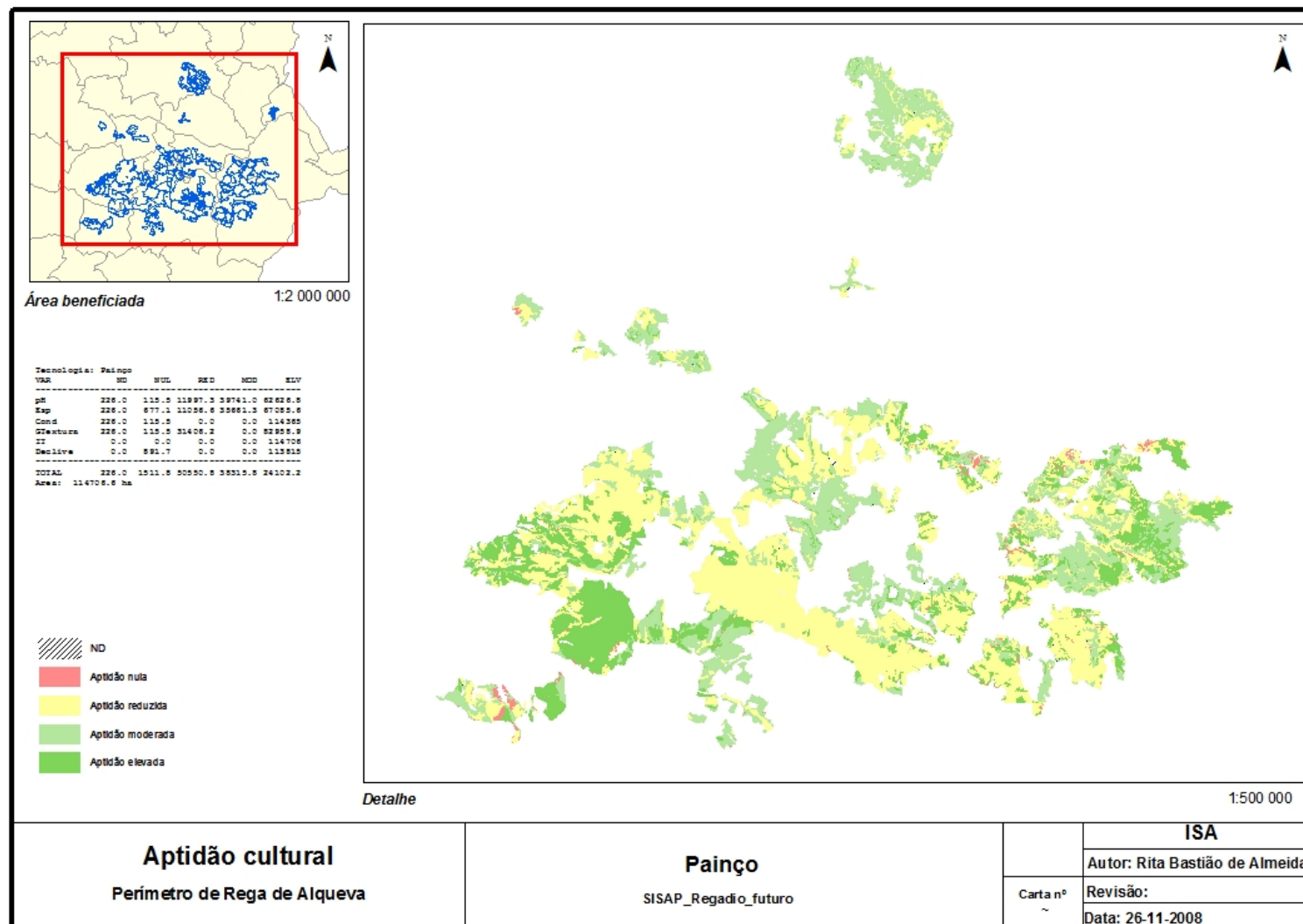
ANEXO 10 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para a Cana-do-reino (*Arundo donax* L.)



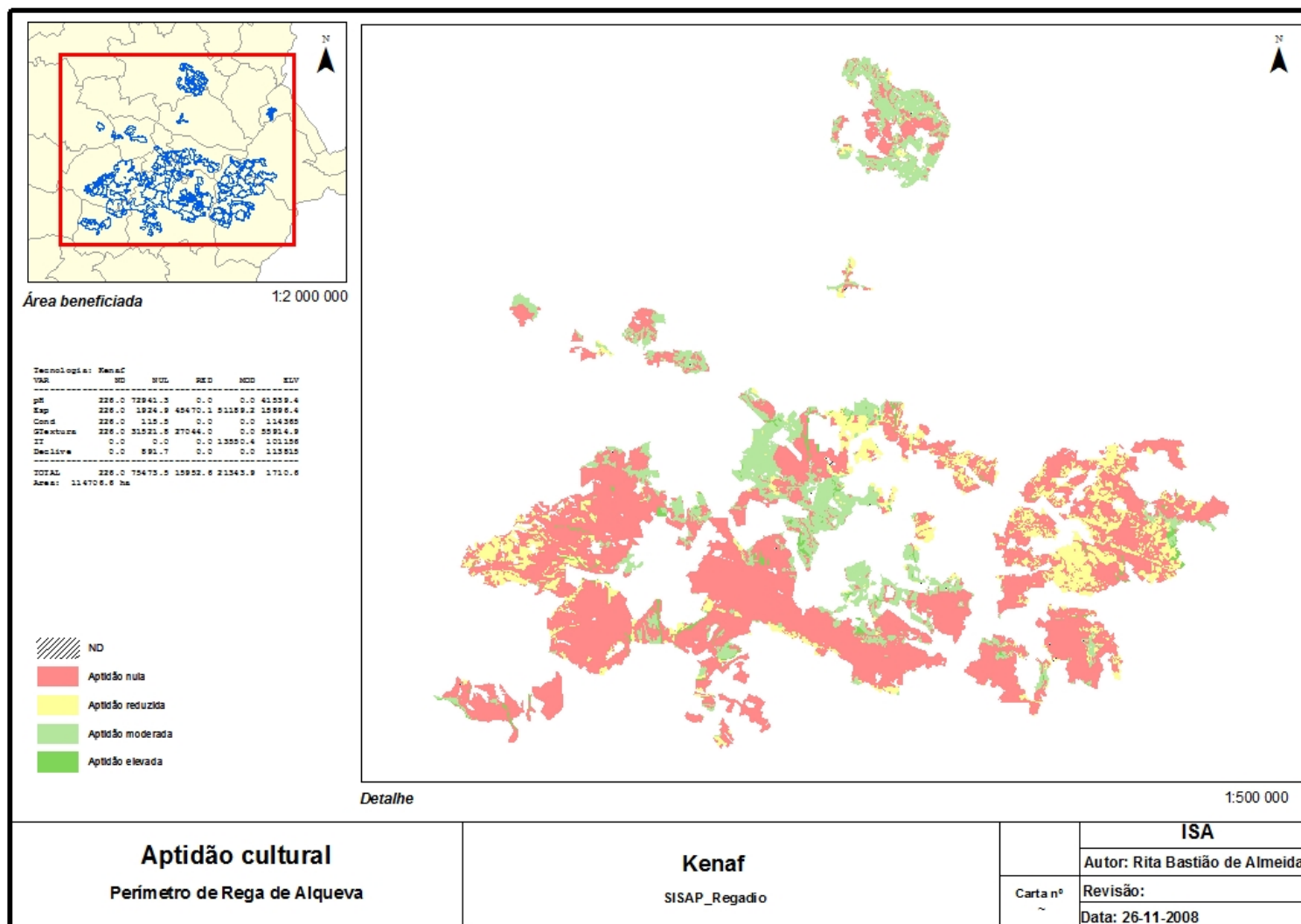
ANEXO 11 – Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Painço (*Panicum virgatum* L.)



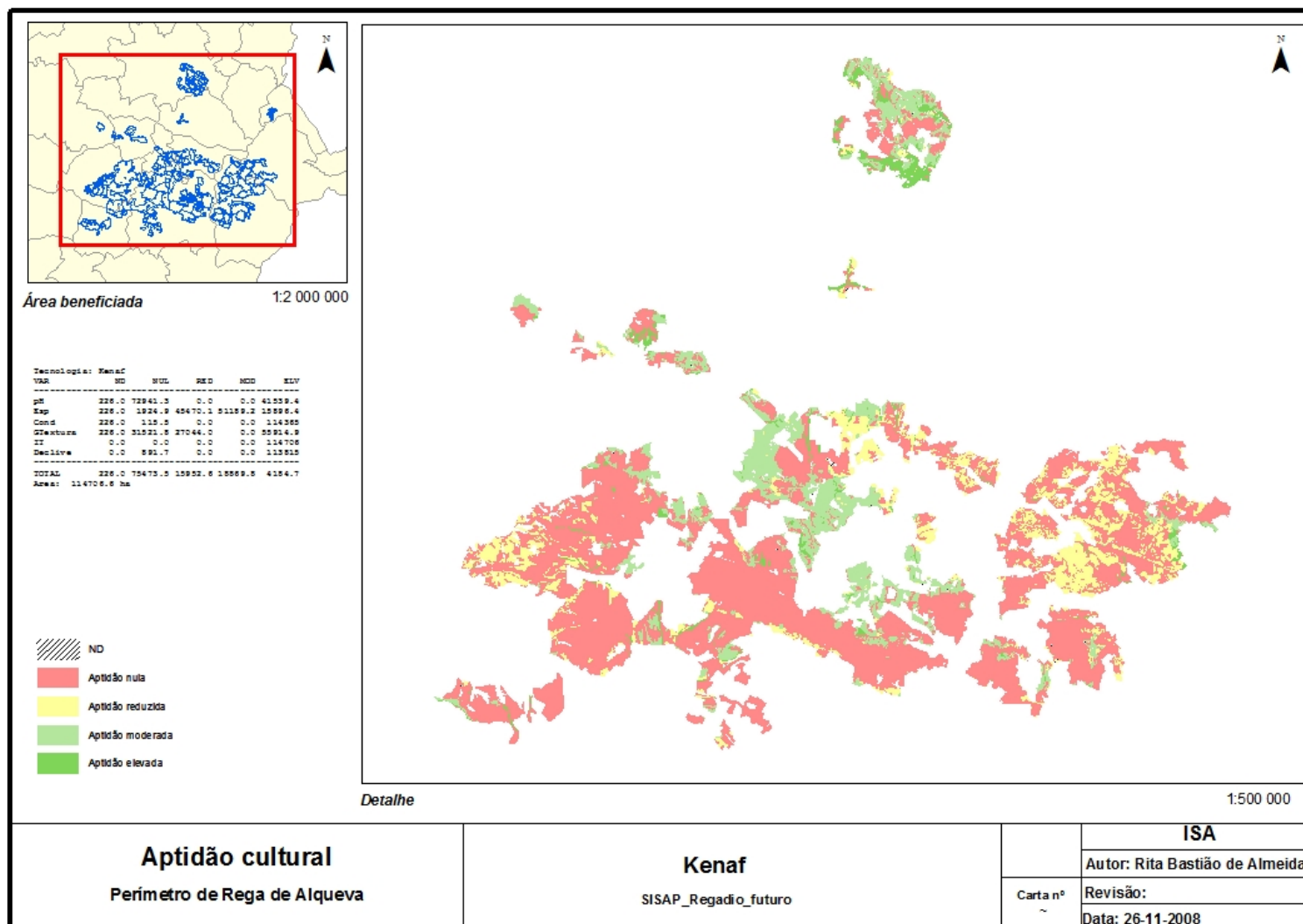
ANEXO 12 – Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para Painço (*Panicum virgatum* L.)



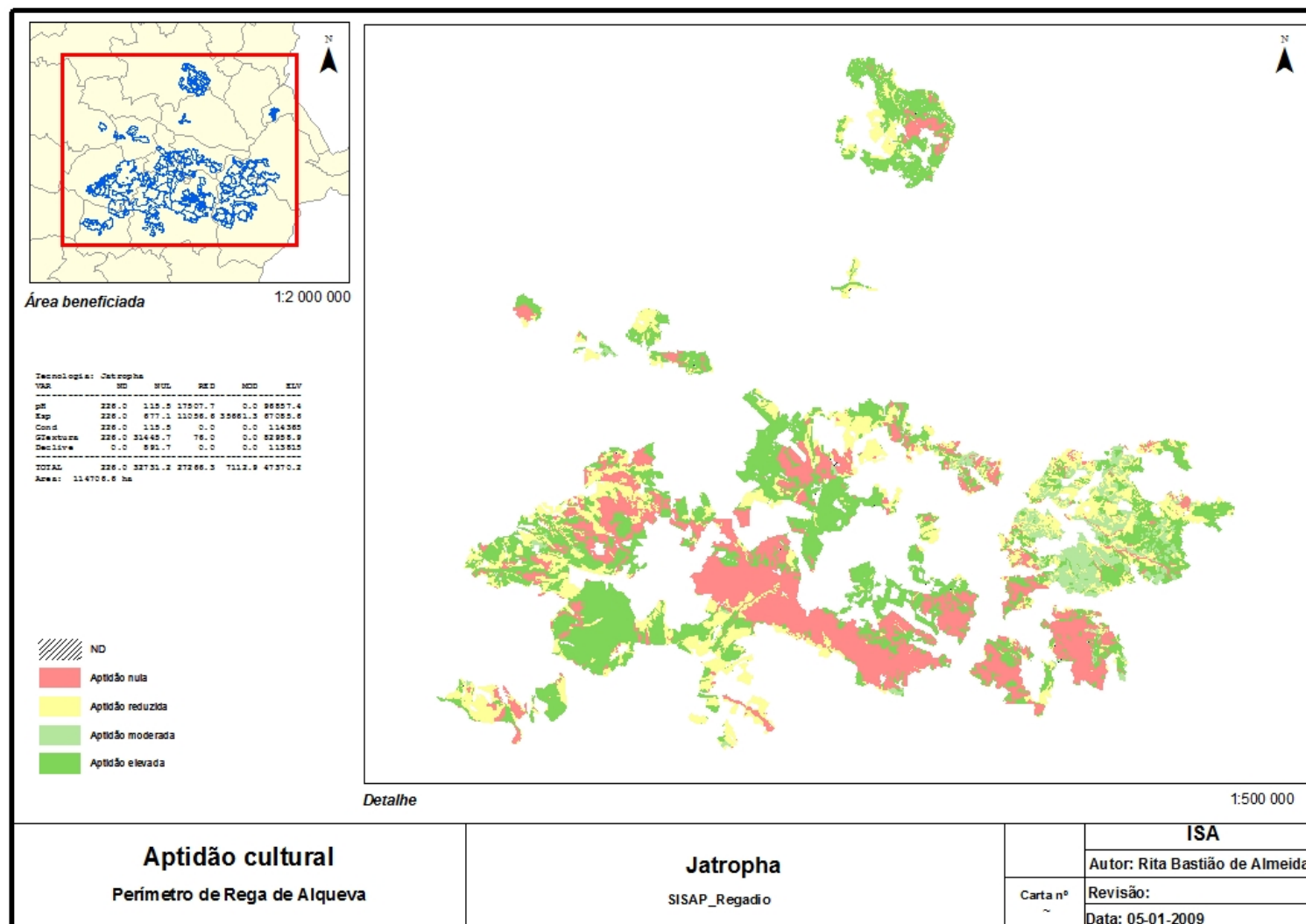
ANEXO 13 – Mapa de saída do SISAP_Regadio para o Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)



ANEXO 14 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para o Kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.)



ANEXO 15 - Mapa de saída do SISAP_Regadio para a Erva Purgueira (*Jatropha curcas* L.)



ANEXO 16 - Mapa de saída do SISAP_Regadio_futuro para a Erva Purgueira (*Jatropha curcas* L.)

